

Systeemsprong duurzame productiesystemen voor teelt van voedselgewassen in de kas

Evelien van Tongerlo, Ellen Beerling, Anja Dieleman



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Referaat

De Nederlandse glastuinbouwsector staat onder toenemende maatschappelijke druk vanwege vraagstukken rond voedselveiligheid, klimaatverandering en duurzame energie. Om zijn "license to produce" te behouden moet de sector zijn verbinding met consumenten en de maatschappij versterken. In groepsinterviews werden cruciale uitdagingen en behoeftes naar boven op demografisch, economisch, sociaal-cultureel, technologisch, ecologisch en politiek vlak gedefinieerd. Dit resulteerde in drie concrete toekomstscenario's met een 25-jarige horizon: "Technologische efficiëntie", "Verbinding met Voedsel" en "Zelfvoorzienend & Zeker", die elkaar onderling versterken. Twee workshoprondes hebben deze scenario's verder verfijnd en concrete indicatoren en kennisvragen opgeleverd. De uitkomsten wijzen op vier essentiële kernthema's: (1) van innovatie naar operatie, (2) perceptie verbeteren door transparantie, (3) waarborging van economische haalbaarheid, en (4) creatie van faciliterende randvoorwaarden. Transdisciplinaire teams die deze thema's programmatisch aanpakken, zijn cruciaal voor een succesvolle systemsprong naar duurzame voedselproductie in de kas.

Abstract

The Dutch greenhouse horticulture sector faces increasing societal pressure due to issues surrounding food safety, climate change, and sustainable energy. To maintain its "license to produce," the sector must strengthen its connection with consumers. Group interviews revealed crucial challenges across demographic, economic, socio-cultural, technological, ecological, and political dimensions. This resulted in three concrete future scenarios with a 25-year horizon: "Technological Efficiency," "Connection with Food," and "Self-sufficient & Secure," which can mutually reinforce each other. Two workshop rounds refined these scenarios further, and developed specific indicators and knowledge questions. The outcomes point to four essential core areas: (1) implementation of innovations in practice, (2) improving perception through transparency, (3) ensuring economic feasibility, and (4) creation of facilitating preconditions. Transdisciplinary teams addressing these themes programmatically are crucial for a successful system leap toward sustainable greenhouse production.

Rapportgegevens

Rapport WPR-1408

Projectnummer: 3742367900

DOI: <https://doi.org/10.18174/688256>

Dit project is mede tot stand gekomen door de bijdrage van de Topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen.



Disclaimer

© 2025 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Businessunit Glastuinbouw
Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, wur.nl/plant-research
Kamer van Koophandel-nr.: 09098104 | BTW-nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen University & Research, Businessunit Glastuinbouw
Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk Postbus 644, 6700 AP Wageningen
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen
T +31 (0)317 48 56 06 T +31 (0)317 48 60 01
wur.nl/glastuinbouw wur.nl/glastuinbouw

Inhoud

Voorwoord	5	
Samenvatting	7	
1	Introductie	9
2	Werkwijze	10
3	Systeemanalyse	12
3.1	Socio-technisch landschap: Maatschappelijke uitdagingen en behoeftes	12
3.1.1	Demografisch	12
3.1.2	Economisch	12
3.1.3	Sociaal-cultureel	12
3.1.4	Technologisch	13
3.1.5	Ecologisch	13
3.1.6	Politiek	13
3.2	Socio-technische regimes: Huidige status van de tuinbouwsector in Nederland	13
3.2.1	Demografisch	13
3.2.2	Economisch	13
3.2.3	Sociaal-cultureel	14
3.2.4	Technologisch	14
3.2.5	Ecologisch	14
3.2.6	Politiek	14
3.3	Micro: Vernieuwingen en technologische ontwikkelingen	14
4	Toekomstscenario's – van schets naar scenario	15
4.1	Technologische efficiëntie	16
4.1.1	Teelt	16
4.1.2	Beleid	16
4.1.3	Onderzoek	16
4.1.4	Onderwijs	17
4.1.5	Retail	17
4.1.6	Toeleverende industrie	17
4.2	Verbinding met voedsel	18
4.2.1	Teelt	18
4.2.2	Beleid	19
4.2.3	Onderzoek	20
4.2.4	Onderwijs	20
4.2.5	Retail	20
4.2.6	Toeleverende Industrie	21
4.3	Zelfvoorzienend & Zeker	22
4.3.1	Teelt	22
4.3.2	Beleid	23
4.3.3	Onderzoek	23
4.3.4	Onderwijs	23
4.3.5	Retail	24
4.3.6	Toeleverende industrie	24
5	Route- en kansenkaart – van toekomstvisie naar transitiepad	25
5.1	Technologische efficiëntie – Wat is er nodig?	25
5.1.1	Tuinbouw als industrie	25
5.1.2	Van data naar kennis	25
5.1.3	Innovatie in de teelt	25

5.2	Technologische efficiëntie – Welke onderzoeksvragen liggen er?	26
5.3	Verbinding met voedsel – Wat is er nodig?	26
5.3.1	Diversificatie rol van de teler	26
5.3.2	Rol van de overheid	26
5.3.3	Van kas naar consument	27
5.4	Verbinding met voedsel – Welke onderzoeksvragen liggen er?	27
5.5	Zelfvoorzienend & Zeker – Wat is er nodig?	27
5.5.1	Evolutie van de keten	27
5.5.2	Faciliterend beleid over energie, circulariteit en klimaat	28
5.5.3	De teler wordt niet alleen producent van voedsel, maar ook van grondstoffen	28
5.5.4	Regie van een transitie naar zelfvoorzienend en zekere toekomst	28
5.6	Zelfvoorzienend & Zeker – Welke onderzoeksvragen liggen er?	28
6	Conclusie	29
6.1	Scenario-overstijgende thema's	29
6.2	Meer impact door aandacht voor de onderliggende behoefte	30
6.3	Een integrale aanpak vraagt een passende structuur	31
6.4	Aanbevelingen	32
	Literatuur	33
	Bijlage 1 Kennisvragen uit workshop 2	34

Voorwoord

Onder andere door het hoge energieverbruik en de druk op de maatschappelijke ruimte, wordt er de laatste jaren zeer kritisch naar glastuinbouw gekeken. De sector zal zich (opnieuw) moeten verbinden aan de consumenten om zijn "license to produce" te behouden, en kan dit doen door te laten zien dat het een visie heeft op een duurzaam productiesysteem met een lage ecologische afdruk en verbinding met de consument. Voor de totstandkoming van dit project zijn groepsinterviews gehouden en twee workshoprondes georganiseerd, waarbij deelnemers uit de sector hun perspectieven op de maatschappelijke uitdagingen en behoeftes die we zullen moeten adresseren hebben gedeeld. Met elkaar hebben we onderzocht wat dit betekent voor betrokken partijen, welke kennis daarvoor nog nodig is, en wat de eerste stap zou moeten zijn om daar te komen. Het resultaat is een breed gedragen analyse gevolgd door een aantal concrete suggesties om een antwoord te vinden op de vragen waar we nu voor staan - geredeneerd vanuit het onderliggende probleem in plaats vanuit losse initiatieven op weg naar het doel.

Dit onderzoek is gefinancierd door Topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen, en mede tot stand gekomen door de bijdragen van Woody Maijers (Greenport West-Holland), Daniëlle Smits en Alex van Klink (HAS green academy), Carin van der Lans (Syngenta), Frank van der Helm (InHolland), Jacq de Koning (NAKTuinbouw), Andreas Hofland (Hortikey), Henri Beekers (Jiffy), Jacco Vooijs (Glastuinbouw Nederland), Maartje Jung (Royal Brinkman), Arne Bac en Bernd Feenstra (Rabobank), Hugo Plaisier (Ludvig-Svensson), Annelies Mosch (Eurofins), Nienke Veenendaal en Robert Poelman; (Priva), Rob Wessels (Bakker Barendrecht), Gonneke Gerkema en Joyce Rasquin (Grodan), Marga Vintges (Gemeente Westland), José Vogelesang en Michiel Roelse (TKI Tuinbouw & Uitgangsmaterialen), Alexander Boedijn; Janneke Grit; Alexander van Tuyl- van Serooskerken; Filip van Noort; Joseph Stoenner en Jim van Ruijven (Wageningen University & Research).

Namens het projectteam, dank voor jullie input.

Evelien van Tongerlo
Ellen Beerling
Anja Dieleman

Maart 2025

Samenvatting

De glastuinbouw ligt sinds enkele jaren onder een vergrootglas en er wordt met een kritisch oog naar de sector gekeken. De rol en impact van Nederlandse glastuinbouw raakt een scala van maatschappelijke thema's, zoals voedselveiligheid, klimaatverandering en duurzame energie. Dit zijn stuk voor stuk complexe onderwerpen, welke worden beïnvloed door meerdere ecologische, sociale en economische aspecten. Dit beïnvloedt het draagvlak van glastuinbouw in Nederland. De sector zal zich daarom opnieuw moeten verbinden aan de consumenten om zijn "license to produce" te behouden. Het doel van "Systeemsprong duurzame productiesystemen voor teelt van voedselgewassen in de kas" is het opstellen van eenduidige en gedeelde visie(s) op een duurzaam voedselproductiesysteem, en de route daarnaartoe, binnen de huidige en toekomstige kaders en mogelijkheden.

Dit rapport beschrijft allereerst de multidimensionale aanpak van duurzaamheidstransities. Het multi-level perspective (MLP) wordt gebruikt om de uitdagingen en kansen op macro-, meso- en microniveau te analyseren. Tijdens de groepsinterviews deelden deelnemers uit de sector hun perspectieven op de maatschappelijke uitdagingen en behoeftes die moeten worden aangepakt. Deze omvatten demografische, economische, sociaal-culturele, technologische, ecologische en politieke factoren. De interviews benadrukten de noodzaak van een gedeelde toekomstvisie en samenwerking tussen verschillende actoren, zoals telers, beleidsmakers, onderzoekers en consumenten. Er zijn drie integrale toekomstscenario's met een horizon van 25 jaar geschetst, die elk een andere route naar een duurzame glastuinbouwsector bieden: "Technologische efficiëntie", "Verbinding met Voedsel" en "Zelfvoorzienend & Zeker". Deze scenario's zijn niet exclusief en kunnen elkaar ondersteunen, en benadrukken het belang van samenwerking tussen verschillende actoren in het faciliteren van deze transitie.

De eerste workshopronde richtte zich op het verder vormgeven van drie toekomstscenario's, terwijl de tweede workshopronde concrete indicatoren en onderliggende kennisvragen formuleerde om de voorgestelde transitie te realiseren. Een integrale aanpak, waarbij aandacht is voor de onderliggende problematiek, is cruciaal voor de transitie naar een duurzame glastuinbouwsector. De onderwerpen waaraan gewerkt moet worden zijn samen te vatten in vier kerngebieden:

1. Van innovatie naar operatie - Waarbij de nadruk ligt op de implementatie van technologische ontwikkelingen naar de dagelijkse praktijk van telers.
2. Verbeteren perceptie door transparantie - Transparantie draagt bij aan het oplossen van sociaal-culturele maatschappelijke uitdagingen rondom het imago van de sector.
3. Economische haalbaarheid - Deze duurzaamheidstransitie vereist een aanpak die alle aspecten van betaalbare voedselproductie in Nederlandse kassen in overweging neemt.
4. Faciliterende randvoorwaarden - Aandacht voor de externe omstandigheden en middelen die nodig zijn om de transitie te ondersteunen en tot een succes te maken.

Programmatisch werken aan bovenstaande thematieken in transdisciplinaire teams, waarbij gefocust wordt op kennisvragen die alle scenario's raken, zal essentieel zijn voor aan een efficiënte en effectieve realisatie van deze noodzakelijke systeemsprong naar duurzame productiesystemen voor teelt van voedselgewassen in de kas.

1 Introductie

De Nederlandse glastuinbouw is een economisch belangrijke sector die groot geworden is met telen van gewassen als tomaat, paprika en sla, in de grond en op substraat. Deze producten zijn met name bestemd voor export. Daarnaast exporteert de sector ook innovaties, zoals geavanceerde technische systemen en kasconstructies.

De glastuinbouwsector ligt echter al enkele jaren onder een vergrootglas, onder andere vanwege een hoog gebruik aan energie en andere natuurlijke hulpbronnen. De Kennis- en Innovatieagenda Landbouw, Water en Voedsel 2024-2027 beschrijft ambities voor Nederland rondom het realiseren van een ecologisch en economisch evenwichtige plantaardige productie. Ook door druk op de beschikbare ruimte vanuit verschillende maatschappelijke behoeften wordt zeer kritisch naar de glastuinbouw gekeken. De afspraken binnen de Kaderrichtlijn Water (2027) lijken niet gehaald te worden vanwege emissies van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen naar het water, ondanks serieuze inspanningen van de sector. Door de hoge mate van optimalisatie in de Nederlandse glastuinbouw kan een wijziging van het systeem leiden tot een verlies van efficiëntie. Dat creëert een spanningsveld, want daarmee staat het zijn eigen veranderbereidheid in de weg – want waarom aan een succesformule sleutelen?

Duurzame ontwikkeling vraagt om een plan van aanpak waarbij vijf P's; People, Planet, Prosperity, Peace and Partnership, met elkaar in balans zijn (UN General Assembly, 2015). Denk daarbij aan het verminderen van de ecologische voetafdruk, het bevorderen van hernieuwbare energiebronnen, het behoud van biodiversiteit, het verminderen van het gebruik en emissies van gewasbestrijdingsmiddelen, en het streven naar een circulaire economie waarin grondstoffen worden hergebruikt en afval geminimaliseerd wordt. Tegelijkertijd behelst duurzame ontwikkeling afbouw van niet-duurzame activiteiten, zoals onder andere het overmatig gebruik van fossiele brandstoffen, vervuiling en verspilling van grondstoffen.

De rol en impact van Nederlandse glastuinbouw raakt een scala van maatschappelijke thema's, zoals voedselveiligheid, klimaatverandering en duurzame energie. Dit zijn stuk voor stuk complexe onderwerpen, welke worden beïnvloed door meerdere ecologische, sociale en economische aspecten. Hierdoor zijn ook mogelijke oplossingsrichtingen voor de hervorming van de sector complex. Afgelopen decennia zijn er op verschillende deelgebieden stapsgewijze verbeteringen doorgevoerd. Grotere systeemveranderingen waardoor de ecologische voetafdruk aanzienlijk verkleind wordt, zijn zeldzaam en de integrale aanpak die nodig is voor de herinrichting van het productiesysteem van voedselgewassen, ontbreekt nog.

De werkzaamheden die in dit rapport zijn beschreven, zijn uitgevoerd in het kader van het SMP project Route- en Kanskaart "Systeemsprong duurzame productiesystemen voor teelt van voedselgewassen in de kas". Dit project richt zich op het identificeren van integrale oplossingen voor de verduurzaming van productie van voedselgewassen in de glastuinbouw op een economisch duurzame wijze. Door de kennisvragen achter deze oplossingen inzichtelijk te maken, ontstaat er een route- en kanskaart die zowel de effectiviteit van het onderzoek als het draagvlak ervoor vergroot.

2 Werkwijze

Duurzaamheidstransities zijn multidimensionale langetermijntransities waarbij socio-technologische systemen een fundamentele verschuiving maken naar meer duurzame productie en consumptie (Markard *et al.*, 2012). Voorbeelden van sectoren waarin zulke transities plaats vinden zijn die van energie, water en transport. De systemen in ieder van deze sectoren bestaan uit een complex netwerk van actoren waar overheden, burgers, maatschappelijke partijen en bedrijven een rol spelen.

In tegenstelling tot puur technologische ontwikkelingen, vragen deze transities tevens om een verandering van het functioneren van maatschappij en samenleving; bijvoorbeeld via aangepaste wet- en regelgeving of een verandering in (consumenten)gedrag (Markard *et al.*, 2012). Een succesvolle transitie vereist dus een holistische aanpak die verschillende integratielagen combineert en de interactie tussen deze lagen erkent. Geels (2002) en anderen doen dit aan de hand van het multi-level perspective (MLP) en onderscheiden daarbij het socio-technische landschap, regime en niche ontwikkelingen:

1. **Macro:** Socio-technisch landschap: Welke uitdagingen spelen een rol in de verduurzaming van de sector?
2. **Meso:** Socio-technische regime: Wat is het huidige landschap, hoe ziet de glastuinbouwsector er in Nederland er nu uit?
3. **Micro:** Niches: Welke initiatieven bestaan er die de sector in zijn huidige vorm uitdagen?

Het socio-technisch landschap beschrijft de bredere context van het systeem, zoals macro-economische trends, culturele waarden, politieke ontwikkelingen en andere externe factoren die invloed uitoefenen op de stabiliteit en verandering van regimes en niches. Het socio-technische regime beschrijft het geheel van regels, normen en instellingen die een bepaald systeem of sector beheersen. Het omvat de huidige praktijken en structuren die bepalen hoe dingen binnen dat systeem worden gedaan (Geels & Kemp, 2000). Niches behorend bij de micro-laag worden altijd gedefinieerd in relatie tot een socio-technisch regime, namelijk als "praktijken of technologieën die aanzienlijk afwijken van het bestaande regime" (Geels, 2011). Hier horen de initiatieven die zorgen voor vernieuwende oplossingsrichtingen en technologieën. Deze vernieuwing vormt steeds de basis voor systeemverandering. De interactie met huidige regimes wordt gestuurd door langetermijnveranderingen en trends, maar ook door disruptieve gebeurtenissen waardoor het bestaande regime in zijn huidige vorm niet meer houdbaar is. Een goed voorbeeld hiervan is de energiecrisis uit 2022, waarbij extreem hoge energieprijzen en de publicatie van het Convenant Energietransitie Glastuinbouw 2022-2030 geleid hebben tot een verhoogde inzet op hernieuwbare energie en de doorontwikkeling van milieucertificeringen zoals HortiFootprint en het recent gerealiseerde FloriPEFCR (Broekema *et al.*, 2024). Andere, meer kleinschalige initiatieven rondom verduurzaming van de sector zijn bijvoorbeeld het inzetten van polyculturen (mengteelt met gewas en dier), strokenteelt, of de Autonomous Greenhouse Challenge.

Transities zijn niet alleen gedreven door destabilisatie door onverwachte disruptieve gebeurtenissen, maar ook door het meer gestuurde, geleidelijke langetermijnproces van verandering van het socio-technische regime (Geels, 2002). Juist het afstemmen van initiatieven uit de niche op ontwikkelingen in het socio-technische landschap draagt bij aan het succes van verandering (Geels, 2002). De transitie naar een duurzame voedselproductie in de glastuinbouwsector in Nederland kan dus alleen succesvol zijn wanneer we bewust toewerken naar een nieuw regime dat processen als uitgangspunt neemt die bijdragen aan een duurzame, klimaatbestendige, maatschappelijk gedragen sector. Daarvoor moet:

1. Helder zijn welke **uitdagingen** de sector op dit moment destabiliseren. Op basis van literatuuronderzoek en groepsinterviews is een systeemanalyse uitgevoerd om de status van de Nederlandse glastuinbouwsector in kaart te brengen (Hoofdstuk 3), en is bepaald:
2. Welke **eenduidige en gedeelde toekomstvisie(s)** er zijn voor een duurzaam voedselproductiesysteem binnen de huidige en toekomstige kaders en mogelijkheden. De systeemanalyse heeft tot een drietal scenarioschetsen voor de toekomst geleid, die in een eerste workshop met deelnemers uit de sector verder ingevuld zijn (Hoofdstuk 4). Vervolgens is uitgewerkt:
3. **Wat ervoor nodig is** op het gebied van onderzoek, samenwerking en communicatie. Een tweede workshop heeft geleid tot concrete indicatoren en onderliggende kennisvragen om de voorgestelde transitie te realiseren (Hoofdstuk 5), met als resultaat:
 - o een opzet voor een **breed gedragen route- en kansenkaart** die, door te starten vanuit de integraal beoogde verandering in plaats van een technische oplossing, helpt deze noodzakelijke systeemsprong te realiseren (Hoofdstuk 5).

3 Systeemanalyse

In dit project zijn drie interviewrondes gehouden met vertegenwoordigers van organisaties die zijn verbonden met de glastuinbouwsector (onder andere onderwijs, beleid, toeleverende industrie, onderzoek en banken). De DESTEP-methode (demografisch, economisch, sociaal, technologisch, ecologisch en politiek) wordt al jaren ingezet in onderzoek, zie bijvoorbeeld Bulten *et al.* (2022); Dekker & Hilderink (2023) en van der Voort *et al.*, (2012). Aan de hand van DESTEP is tijdens de interviews het landschap (3.1) en het huidige socio-technologische regime (3.2) in kaart gebracht. Op basis van deze interviews zijn de thema's, behoeftes, kansen en uitdagingen geïdentificeerd die een rol (kunnen) spelen in het vormgeven van de benodigde systeemverandering. De beschrijving van nieuwe initiatieven (3.3) is aangevuld met informatie uit literatuur. De bevindingen zijn hieronder beschreven.

3.1 Socio-technisch landschap: Maatschappelijke uitdagingen en behoeftes

Welke maatschappelijke uitdagingen spelen een rol in de verduurzaming van de sector; wat geeft de 'license to produce'?

3.1.1 Demografisch

De glastuinbouwsector kampt met een **tekort aan arbeidskrachten** op alle niveaus, mede door **vergrijzing** en een historisch laag aantal studerende jongeren. Veel **kennis stroomt uit** naar het buitenland, waar hogere salarissen worden geboden. Voorzieningen zijn niet overal in de gemaakte **glastuinbouwclusters** in Nederland gelijk, en dat zorgt voor **ongelijke kansen**: vergelijk Westland met regio's waar geothermie en restwarmte niet mogelijk zijn en er geen CO₂-leiding ligt. De sector staat ook onder druk door toenemende **verstedelijking** en **ruimtegebrek**.

3.1.2 Economisch

De sector staat onder druk door economische uitdagingen. **Energiekosten zijn hoog**, maar ook de **betalbaarheid van personeel** blijft een grote kostenpost. Er is **toenemende concurrentie uit buitenland** (ook buiten EU), maar zij kennen hun eigen problematiek, zoals aanzienlijk beperkter toegang tot water en tot geavanceerde technologie. **Schaalvergroting** leidt tot minder familiebedrijven en meer afstand tussen de maatschappij en voedselproductie. Grootte is tegelijkertijd wel van belang als teler, want dit maakt een bedrijf tot een gelijkwaardiger partner voor retail. De toename van private equity investeerders kan leiden meer gesloten bedrijven, die met name afstemmen op het verkleinen van risico's. Dit kan leiden tot **een toename van monoculturen**, en dus minder diversiteit. Dit kan een **risico zijn voor voedselzekerheid**. Voedselproductie is **niet per definitie gebonden aan Nederland**: het is niet zo dat als wij zouden stoppen met produceren, bepaald voedsel er niet meer is. Sterker nog; misschien daalt de prijs zelfs, want de regels zijn anders in andere landen, en arbeid is er vaak goedkoper.

3.1.3 Sociaal-cultureel

Onrealistische consumentenverwachtingen kunnen leiden tot druk op de sector om onhoudbare productiemethoden te hanteren. Er is een groeiende vraag en daarmee aanbod van biologisch voedsel, maar ook een **spanningsveld tussen duurzaamheid en betaalbaarheid**. Hoe ver wil men hierin mee? Uit andere sectoren (bijvoorbeeld kledingindustrie) blijkt ook dat het merendeel van de bevolking steeds weer voor goedkoop in plaats van duurzaam kiest. Tegelijkertijd wordt de bevolking ongezonder, met toenemende obesitas en andere welvaartsziekten. De afstand tussen consumenten en voedselproductie neemt toe, wat leidt tot **onwetendheid en misinformatie**.

De grote hoeveelheid (mis)informatie die beschikbaar is leidt er ook bij een onderwerp als voeding toe dat de consument niet meer zeker weet wat écht verantwoord is. **Perceptie van de sector blijft negatief**, er is toenemende behoefte aan transparantie.

3.1.4 Technologisch

De **overgang naar beschermde teelten** is gedreven door consumenten- en afzeteisen. Innovatie gaat langzamer dan nodig door een gebrek aan kennisuitwisseling en samenwerking tussen R&D en bedrijven. **Autonoom telen** kan een oplossing zijn voor het arbeidstekort, maar de technologie is nog niet voldoende ontwikkeld. **Robotisering is nog te kostbaar** in vergelijking met arbeid. De sector is **sterk afhankelijk van primaire grondstoffen**, wat risico's met zich meebrengt door geopolitieke instabiliteit.

3.1.5 Ecologisch

Klimaatverandering kan de productiviteit en duurzaamheid van de sector ernstig beïnvloeden, wat leidt tot hogere kosten en verminderde opbrengsten. **Beschikbaarheid** van (schoon) **water**, droogte, of juist er (periodiek) te veel water bijvoorbeeld door hevige regenval, staat steeds meer centraal. Om voldoende voedsel te blijven produceren en aan wet- en regelgeving te voldoen, onder andere ten aanzien van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen, moet teelt wel uit de grond. Dat kan alleen succesvol in beschermde teelten (kassen, tunnels of Vertical Farm). De sector moet duurzamer worden en minder afhankelijk van fossiele brandstoffen. Het behouden van **biodiversiteit** is belangrijk.

3.1.6 Politiek

Inconsistent en reactief beleid kan de sector destabiliseren en de implementatie van duurzame praktijken bemoeilijken. Grote veranderingen in de sector worden vaak gedreven door wetgeving, met weinig intrinsieke motivatie door de kleine marges voor tuinders. Er is gelukkig toenemende aandacht voor **voedselstrategie** en **kleinschalige initiatieven** op gemeentelijk niveau. De sector moet zich **aanpassen aan EU-wetgeving**, maar processen gaan traag en consequenties op individueel niveau zijn niet altijd te overzien. **Zelfvoorzienendheid wordt steeds belangrijker**, maar de economische haalbaarheid is een uitdaging.

3.2 Socio-technische regimes: Huidige status van de tuinbouwsector in Nederland

Wat zijn de kenmerken van het bestaande systeem; hoe ziet de glastuinbouwsector er in Nederland er nu uit?

3.2.1 Demografisch

Laaggeschoold werk wordt veelal ingevuld door **arbeidsmigranten**, die niet altijd even welkom zijn. Door het **gebrek aan arbeid** op alle niveaus wordt de ontwikkeling van de sector belemmerd. Er wordt weinig geïnvesteerd in de ontwikkeling van aanwezig personeel, wat leidt tot een **gebrekkige leercultuur**. Er zijn veel bijeenkomsten en cursussen voor tuinders, maar de kosten zijn hoog en ontwikkelingen gaan snel. Dit maakt het **moeilijk** voor telers **om bij te blijven**. **Autonoom telen is nog niet haalbaar**, wat de afhankelijkheid van menselijke arbeid vergroot.

3.2.2 Economisch

Glastuinbouw is **economisch rendabel**, het gemiddelde inkomen van glastuinders sinds 2010 tot heden was relatief hoog. Het gemiddelde inkomen is daarvoor meerdere jaren erg laag geweest en heeft onder zware druk gestaan, met name in de periode 2000 – 2010. Positie van de telers in de keten is veranderd. Belangrijke telers/ondernemers nemen een groter deel van de keten mee, van uitzendbureau tot afzet. De wereld leek maakbaar en controleerbaar, maar dit werkt niet meer in de toekomst. Er is behoefte aan **meer veerkracht in plaats van een keurslijf aan regels**.

3.2.3 Sociaal-cultureel

Er is een **groeiend bewustzijn** en investering in duurzaam en groen telen. Telers zien de voordelen en **investeren meer in duurzame praktijken**, hoewel het verschil met akkerbouw nog. Qua beleving is er een groot verschil in duurzaam telen tussen akkerbouw en glastuinbouw – akkerbouw lijkt daar al verder in; hoewel glastuinbouw amper achterblijft qua jaaromzet. De grootste **verspilling zit bij de consument en retail**. Supermarkten hebben een grote zichtbare impact op de voedselbeleving, daar valt winst te behalen. Zij moeten een grotere rol spelen in **kennisoverdracht over duurzame voeding**, en het tegengaan van voedselverspilling. We worden wel steeds beter in het **met minder input meer produceren**, maar het verhaal krijgen we nog niet op de juiste manier verteld.

3.2.4 Technologisch

De complexiteit van vraagstukken maakt het moeilijk voor individuele telers om te weten waar te beginnen. Er is een grote afstand tussen R&D-instellingen zoals WUR en Delphy en de praktijk van bedrijven. **Kennisuitwisseling is te beperkt**. Kennis bereikt de koplopers wel, maar de volgers zijn moeilijk mee te krijgen. De overgang naar **robotisering is nog te risicovol** en er is **onzekerheid** over wanneer in te stappen in nieuwe technologieën. De impact op bedrijven is groot, wat leidt tot vragen over afhankelijkheid en de **waarde van investeringen ten opzichte van de risico's**.

3.2.5 Ecologisch

Telers zien/ voelen de voordelen van duurzaam telen steeds meer. Kennis over **duurzaamheid** is er meer, de **professionaliteit van de tuinder** is toegenomen. Zij zien steeds beter dat bijvoorbeeld de hogere kosten van biologisch bestrijden opwegen tegen chemische bestrijdingsmiddelen, doordat plant niet stilstaat als gevolg van bespuitingen. Er is behoefte aan **robuuste en genetisch diverse gewassen** en **klimaatbestendige kassen** en teeltstrategieën. **Beschermde teelten zijn essentieel** om planten te beschermen tegen buitenomstandigheden, iets wat met **klimaatverandering** steeds belangrijker wordt. De keten moet als geheel verduurzamen, niet alleen de productiekant. **Reststromen** in de tuinbouw worden vaak al **verkocht**, wat leidt tot weinig verspilling.

3.2.6 Politiek

Grote veranderingen in de sector worden vrijwel altijd gedreven door wetgeving. De politieke cultuur is bepalend en staat niet altijd open voor alle innovaties. Er is een **afnemende invloed** van de sector op de politiek in de regio. Er is **geen keurmerk voor geïmporteerd voedsel**, wat ethische vragen oproept over de productieomstandigheden in andere landen. Dit heeft consequenties voor import en export, en er is **discussie over de ethische verantwoordelijkheid** van Nederlandse producenten.

3.3 Micro: Vernieuwingen en technologische ontwikkelingen

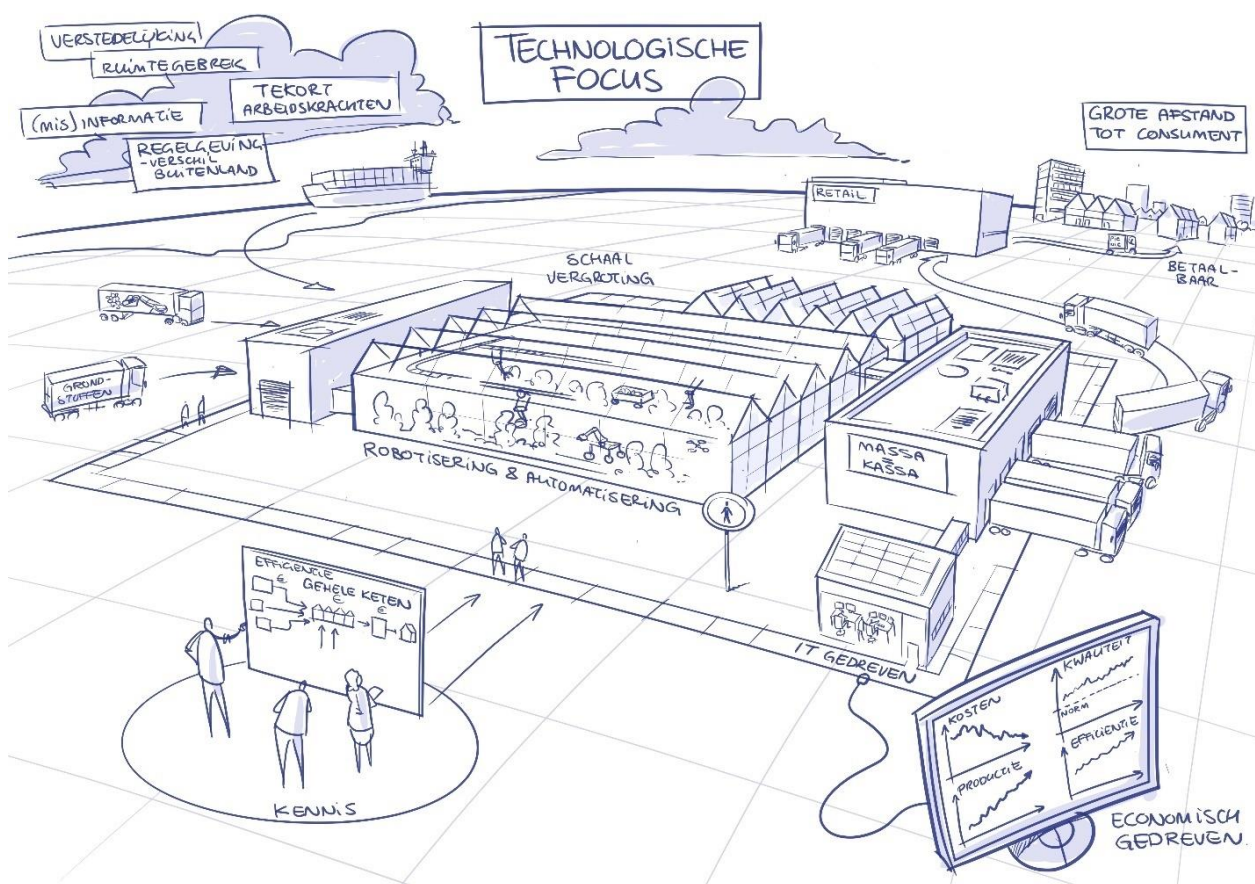
Welke initiatieven bestaan er die de sector in zijn huidige vorm uitdagen?

Op microniveau, de niche, ontstaan initiatieven die de sector in zijn huidige vorm uitdagen. In de meeste gevallen zijn deze initiatieven geïnitieerd vanuit de behoefte van (groepen) telers, consumenten of bedrijven om vooruitlopend op regelgeving of verplichtingen te voldoen aan de maatschappelijke noodzaak tot verandering richting duurzame teeltsystemen. Binnen deze initiatieven wordt geëxperimenteerd met vernieuwende technologieën, teeltmethoden en samenwerkingsverbanden, die de potentie hebben om de sector te transformeren. Een aantal voorbeelden hiervan zijn telers die bewust groenstroken rond hun kas inzaaien om de biodiversiteit te verhogen, en telers die zich verenigen om kennis te delen om een versnelde beweging richting verduurzaming op gang te brengen. Ook vanuit de keten zijn er initiatieven, zoals een standaard manier om de milieu-impact van een sierteeltproduct te berekenen, om daarmee meer inzicht in de keten te realiseren. Deze niche-initiatieven zijn divers in aard en scope, maar delen een gemeenschappelijke ambitie: het creëren van een duurzamere en veerkrachtigere glastuinbouwsector. Door te experimenteren met nieuwe technologieën, teeltmethoden en businessmodellen, dagen ze de gevestigde orde uit en stimuleren ze de transitie naar een duurzaam voedselsysteem.

4 Toekomstscenario's – van schets naar scenario

De belangrijkste thema's, behoeftes, kansen en uitdagingen zoals gedefinieerd in de systeemanalyse zijn gebruikt om schetsen van een drietal mogelijke toekomstscenario's vorm te geven: "Technologische efficiëntie", "Verbinding met Voedsel", en "Zelfvoorzienend en zeker". De horizon van ieder van deze beelden is ongeveer 25 jaar, en ieder scenario leidt via een andere route naar een ecologische en economisch duurzame sector op basis van wat de (verwachte) grootste uitdagingen zijn, en welke risico's die toekomst met zich meebrengt. Zoals de figuren weergeven, is er aandacht voor verschillende groepen actoren in het toekomstbeeld: telers, beleid, onderzoek, onderwijs, retail én de toeleverende industrie zal in beweging moeten komen. Voor een succesvolle transitie is immers een verandering in het functioneren van maatschappij en samenleving als geheel nodig.

Met behulp van deze scenarioschetsen en een daarbij horende korte beschrijving is een groep van 15 deelnemers uit de sector samen met een tekenaar tijdens een eerste workshop aan de slag gegaan met het verder vormgeven van de scenario's. Dit hebben zij gedaan aan de hand van de vragen: **Hoe hoop en/of denk je dat de toekomst eruitziet, en wat betekent dit scenario voor de glastuinbouwsector?** De resultaten van deze workshop staan beschreven in dit hoofdstuk.



Figuur 1 Technologische Efficiëntie. In dit scenario ligt de nadruk op maximale optimalisatie en efficiëntie in de keten. Arbeid zal de grootste limiterende factor zijn, en de maatschappij nog sterker individualistisch. Om economisch rendabel te blijven zal schaalvergroting en investering nodig zijn, en zorgen we bijvoorbeeld via beleid voor een (economisch) klimaat dat gunstig is voor investeerders. De kennis die nodig is om deze toekomst te realiseren is gericht op bedrijfsvoering en robotisering. Natuurlijk geldt hier ook dat er rekening gehouden moet worden met het sluiten van de kringlopen en beschikbaarheid van grondstoffen, maar dat heeft niet de hoogste prioriteit.

4.1 Technologische efficiëntie

4.1.1 Teelt

In 2050 is de rol van de teler drastisch veranderd door de nadruk op maximale optimalisatie en efficiëntie in de keten. Telers nemen hun beslissingen volledig op basis van uitgebreide data-analyse van beelden, sensoren en robots, en worden hierbij ondersteund door AI. Ze hebben overal toegang tot data over markt, productie en andere relevante factoren. De teler fungeert als manager van een geautomatiseerde fabriek, waarbij groen vakmanschap plaats heeft gemaakt voor expertise in data, IT en AI. Autonoom telen is de norm, waarbij complexe taken worden vermeden en de focus ligt op standaardisatie en efficiëntie. Makkelijk oogstbare planten zijn essentieel om efficiëntie te maximaliseren. Om ruimtegebruik te beperken is meerlagenteelt gebruikelijk. Hoewel er een hoger absoluut energieverbruik is dan nu, biedt dit kansen voor groene energie. De focus ligt op efficiëntie en optimalisatie, met een verschuiving van traditioneel vakmanschap naar expertise in IT en robotisering.

Robotisering is essentieel, aangezien er geen laag- of ongeschoolde arbeidskrachten meer beschikbaar zijn. De overgebleven eenvoudige arbeid is vaak saai. Gespecialiseerde arbeid richt zich op robotsturing, met hoger geschoolde werknemers. Door de focus op lage kostprijzen is schaalvergroting en technologie de sleutel tot economische rendabiliteit. Investerings in technologie zijn dus cruciaal. Gezamenlijke investeringen en clustering van bedrijven zijn gebruikelijk, waarbij bedrijven samenwerken om nieuwe technologieën en infrastructuur te financieren. Dit gaat echter niet zonder slag of stoot, omdat veel investeringen komen van vreemd kapitaal en private investeerders. Toch ziet men de voordelen en de meerwaarde van gedeelde risico's, wat de sector als geheel ten goede komt.

4.1.2 Beleid

Ondanks inspanningen is er weinig vooruitgang geboekt in het verduurzamen van de sector. Dit blijft een belangrijk aandachtspunt voor beleidsmakers. In 2050 heeft het beleid en de politiek rondom de glastuinbouw zich vooral gericht op het stimuleren van innovatie. De overheid stimuleert door middel van subsidies, onderwijsprogramma's en samenwerkingen met onderzoeksinstellingen.

De sector is gefocust op economische resultaten in plaats van op de middelen die worden gebruikt om deze te bereiken. Beleidsmakers moeten daarom actief beleid ontwikkelen om de consumptie van gezonde voeding te promoten. Dit kan door subsidies voor gezonde producten, campagnes om bewustwording te vergroten en regelgeving die de toegang tot gezonde voeding vergemakkelijkt.

De overheid speelt een cruciale rol in het faciliteren van een economisch klimaat dat gunstig is voor investeerders, zo voorspellen deelnemers aan de interviews. De sector blijft wel kwetsbaar voor verstoringen, zoals beperkte aanvoer van inputs en ontregeling van de supply chain. De inzet van datagedreven productie, robotisering en AI is wijdverbreid, maar brengt ook risico's met zich mee. Het verminderen van deze risico's vraagt om robuuste strategieën en noodplannen om de continuïteit van productie te waarborgen, waarvoor de overheid en de sector nauw samen zullen moeten werken.

4.1.3 Onderzoek

In dit toekomstscenario is onderzoek de drijvende kracht achter de voortdurende innovatie en efficiëntieverbetering in de glastuinbouwsector. De integratie van techniek en teeltsystemen staat centraal. Onderzoek richt zich op het ontwikkelen van modellen en integratie van verschillende technologieën om de teeltprocessen te optimaliseren. Veredeling is specifiek gericht op teeltsystemen, waarbij nieuwe gewassen worden ontwikkeld die passen binnen en beter presteren in hightech omgevingen. Post-harvest onderzoek is essentieel om de kwaliteit en houdbaarheid van producten te verbeteren, wat bijdraagt aan het verminderen van verspilling en een toename van efficiëntie.

Multidisciplinair onderzoek is noodzakelijk om de complexe uitdagingen van de sector aan te pakken. Experts uit verschillende vakgebieden moeten elkaars taal leren, zodat zij nauwer kunnen samenwerken. Dit is een vereiste om geïntegreerde oplossingen te ontwikkelen die de glastuinbouw naar een hoger niveau tillen.

Deze samenwerking zorgt er tevens voor dat nieuwe technologieën praktisch toepasbaar worden gemaakt voor glastuinbouwbedrijven, wat de sector helpt om concurrerend te blijven.

Nederland positioneert zich als gidsland door kennis als exportproduct aan te bieden. Dit betekent dat Nederlandse innovaties en onderzoeksresultaten wereldwijd worden gedeeld, wat bijdraagt aan de internationale reputatie van de sector.

4.1.4 Onderwijs

De traditionele kennis van telen heeft plaatsgemaakt voor high-tech oplossingen. Studenten leren niet langer alleen over planten en gewassen, maar vooral over de technologie die gebruikt wordt om de productie te optimaliseren. Onderwijsinstellingen en onderzoekscentra werken nauw samen in robuuste clusters. Dit zorgt voor een continue uitwisseling van kennis en innovatie, en studenten profiteren van de nieuwste inzichten en technologieën.

Flexibiliteit is de norm, en studenten kunnen hun eigen leertraject bepalen op basis van hun interesses en carrièredoelen. Techniek in de tuinbouw wordt actief gepromoot als studierichting. Er zijn campagnes en initiatieven om jongeren te enthousiasmeren voor een carrière in deze sector.

Er is een sterke integratie van verschillende kennisgebieden, en er komen steeds meer mensen van buiten de sector bij. Dit zorgt voor een frisse blik en nieuwe ideeën, wat de innovatie in de sector stimuleert. Samenwerking met het bedrijfsleven is cruciaal, en studenten krijgen regelmatig de kans om stage te lopen of projecten uit te voeren bij toonaangevende bedrijven. In dit toekomstscenario is het onderwijs in de glastuinbouwsector dynamisch en toekomstgericht, met een sterke focus op technologische innovatie en samenwerking met het bedrijfsleven. Dit zorgt ervoor dat de sector blijft groeien en zich aanpassen aan de veranderende eisen van de markt.

4.1.5 Retail

Door schaalvergroting ligt een groot deel van de macht bij de telers. Retailers hebben wel de mogelijkheid om hun leveranciers te kiezen op basis van prijs, kwaliteit en betrouwbaarheid, wat de druk op producenten verhoogt om te presteren. Dit leidt tot een toename van concurrentie tussen bedrijven. Ook de concurrentie met import uit het buitenland is hevig. Telers moeten voldoen aan hoge industriële standaarden om hun producten op de markt te kunnen brengen. Dit betekent dat ze moeten investeren in kwaliteitscontrole en certificeringen om aan de eisen van zowel de consument als de regelgeving te voldoen. De markt is open en competitief, wat betekent dat alleen de meest efficiënte en innovatieve bedrijven kunnen overleven. Dit stimuleert voortdurende verbetering en innovatie binnen de sector, wat uiteindelijk ten goede komt aan de consument.

Toch is samenwerking over de gehele keten essentieel. Een platform voor vraag en aanbod helpt producenten en retailers om beter op elkaar af te stemmen. Dit platform maakt gebruik van big data en AI om trends te voorspellen en de productie en distributie van producten te optimaliseren. Hierdoor kunnen producenten precies leveren wat de markt vraagt, op het juiste moment en tegen de juiste prijs.

Doordat er een beweging naar schaalvergroting en monoculturen heeft plaatsgevonden is er minder keuze in producten dan nu het geval is. Tegelijkertijd is de consistentie van de producten en de levering verbeterd. Consumenten kunnen rekenen op een constante kwaliteit en beschikbaarheid van hun favoriete producten, wat het vertrouwen in de sector versterkt.

4.1.6 Toeleverende industrie

Geheimhouding en R&D binnen bedrijven zijn cruciaal om concurrentievoordeel te behouden. Toch realiseren Nederlandse partijen dat ze sterker staan tegen de internationale concurrentie met een bepaalde mate van kennisdeling. Deze samenwerkingen worden vaak ondersteund door coöperaties en brancheorganisaties die zich inzetten voor de belangen van de sector. Door het delen van data kunnen alle schakels in de keten beter op elkaar inspelen en efficiënter werken.

Geschikte en uniforme genetica is essentieel om consistentie en kwaliteit te waarborgen, wat de basis vormt voor een betrouwbare productie. Toelevering is servicegericht, waarbij remote monitoring en ondersteuning de standaard zijn. Zo kunnen problemen snel en efficiënt worden opgelost zonder dat fysieke aanwezigheid vereist is.

Door globale concurrentie blijven bedrijven elkaar uitdagen om te innoveren en te verbeteren, wat leidt tot een dynamische en vooruitstrevende sector. De focus ligt sterk op kostenreductie, waarbij de nadruk ligt op zo goedkoop mogelijk produceren zonder concessies te doen aan kwaliteit.

Het marktaandeel voor IT- en technische bedrijven is alleen maar toegenomen, om robotisering en andere technologische oplossingen te realiseren. Toeleveranciers bieden toegang tot platforms die data inzichtelijk maken en op maat gesneden adviezen leveren. Dit helpt producenten om beter geïnformeerde beslissingen te nemen en hun processen te optimaliseren. Grote bedrijven domineren de markt, en dat betekent ook de toeleveranciers groot en invloedrijk zullen zijn.

In dit toekomstscenario zijn toeleveranciers niet alleen leveranciers van producten, maar ook partners in innovatie en efficiëntie, die bijdragen aan een robuuste en concurrerende glastuinbouwsector.

4.2 Verbinding met voedsel

4.2.1 Teelt

Er wordt geteeld met een grote diversiteit aan gewassen binnen één bedrijf en seizoensgebonden teelten. Jaarronde teelt, zoals tomaten, is mogelijk mits duurzame energie wordt gebruikt. Gewassen zijn weerbaar en er worden weinig chemische gewasbeschermingsmiddelen gebruikt. De focus ligt op kwaliteit en duurzaamheid, en niet een maximaal aantal kilo's per m².

Bedrijven stellen zich open voor het publiek. Telers zetten bijvoorbeeld plukabbonementen op voor consumenten, waardoor zij direct betrokken worden bij het oogstproces. Combinaties van kas en winkel zijn gebruikelijk, wat zorgt voor diversiteit in de bedrijfsvoering.

Telers vervullen een belangrijke sociale functie door evenementen te organiseren. Initiatieven zoals 'Klas in de Kas' betrekken kinderen bij de productie, daarnaast geven telers advies aan zelftelers. De maatschappij heeft een stem in het teeltproces, waarbij lokale bevolking meedenkt in hoe en wat er geteeld wordt. Als telers stoppen, worden volkstuinen in de kas gestimuleerd. Consumenten worden meegenomen in de wereld van voedselproductie, wat bijdraagt aan een diepere waardering voor voedsel.

De verwachting van de geïnterviewde deelnemers is dat sector bestaat uit kleinschalige bedrijven die zelfvoorzienend zijn voor Nederland, met een omvang van ongeveer 20% van de huidige sector. Deze bedrijven zijn 'smart but small', waarbij technologie wordt ingezet om efficiëntie te verhogen zonder de menselijke maat uit het oog te verliezen. Kleine units opereren samen binnen een grote coöperatie, wat zorgt voor flexibiliteit en schaalbaarheid.

Dit scenario bestaat mogelijk naast het high-tech scenario en richt zich op kleinschalige productie waar de locatie en situatie dat toestaat. Het dient als een etalage voor de consument, aangevuld met massaproductie elders. Productie vindt vaak plaats tegen de stad aan, met een focus op lokale verkoop en B2B-markten zoals restaurants en andere lokale horeca. Zelf telen en volkstuinen zijn ook populair.



Figuur 2 Verbinding met voedsel. De mens, en de verbinding met diens voeding en de productie staat centraal. Dit scenario gaat ervan uit dat de sector alleen zijn 'license to produce' kan houden als we mensen weer naar de sector toehalen. Dit is kostbaar, en dat betekent dat er ook meer ingezet zal moeten worden op initiatieven die eraan bijdragen dat mensen bereid zijn om meer te betalen voor hun voedsel. Dat kan door ze de waarde van biologisch te laten inzien, of wat de impact is van het hele jaar rond alle type producten maar beschikbaar willen hebben. Tegelijkertijd moet de sector ook voor studenten aantrekkelijker worden, zodat er minder brain drain is naar buiten NL.

4.2.2 Beleid

Er wordt veel aandacht besteed aan het stimuleren van natuur rondom de kassen, wat bijdraagt aan biodiversiteit en een aantrekkelijker landschap. De ruimtelijke ordening, cultuur en demografie zien er compleet anders uit dan nu het geval is, met duidelijke verschillen tussen landelijke en stedelijke gebieden. Kassen worden ook in wijken en steden geplaatst om gemeenschapsgevoel en samenwerking te stimuleren. Een geitenwollensokken community/cultuur ontstaat als tegenreactie op de high-tech benadering, waarbij de nadruk ligt op duurzaamheid en gemeenschap. Asielzoekers krijgen de mogelijkheid om hun eigen gewassen te telen en te verkopen, wat bijdraagt aan hun integratie en zelfredzaamheid.

Er is een discussie over de noodzaak van meer certificeringen, vooral bij lokaal geproduceerde producten. Het beleid is protectionistisch ten aanzien van import en export, met als doel de zelfvoorzienendheid van Nederland te bevorderen. De overheid zorgt voor een kader dat acceptatie en vernieuwing bevordert, met aandacht voor biologische productie, en strikte regels voor de ecologische footprint. Subsidies worden verstrekt om lokale duurzame initiatieven te ondersteunen. Dit helpt bij het creëren van een gunstig klimaat voor duurzame en mensgerichte voedselproductie.

4.2.3 Onderzoek

Door kennisontwikkeling, innovatie en een focus op sociale cohesie, draagt onderzoek bij aan een toekomst waarin de verbinding tussen mens en voeding centraal staat. Er ligt een sterke focus op kennis over weerbaar telen en de ontwikkeling van nieuwe gewassen. Er is een beweging naar 'vooruit naar de natuur'. Er is veel aandacht in onderzoek naar biobased greenhouses, die gebruik maken van natuurlijke materialen en processen om duurzame teelt te bevorderen. Hiervoor is niet alleen kennis nodig over plantenteelt, maar zal er ook integraal aandacht moeten zijn voor materiaalkennis en duurzame vervaardiging.

Dit maakt de sector tastbaar en inspireert iedereen, van techneuten, tot consumenten en toekomstige telers. Er vinden innovaties plaats op het gebied van smaak, waarbij producten worden ontwikkeld die beter aansluiten bij de voorkeuren van consumenten. Dit helpt om gewassen te produceren die niet alleen duurzaam zijn, maar ook aantrekkelijk voor de markt. Door marktonderzoek wordt bepaald welke gewassen gewenst zijn, wat helpt bij het afstemmen van productie op de vraag.

Er wordt ook onderzoek gedaan naar de acceptatie en verwachtingen van consumenten, om te begrijpen wat er nodig is voor bredere acceptatie van duurzame en lokale voedselproductie. Dit helpt onderzoek, maar ook retail bij het ontwikkelen van strategieën om consumenten te betrekken en te informeren over de waarde van biologisch en duurzaam voedsel.

Onderzoek naar gemeenschappen en sociale cohesie is tevens essentieel in dit scenario. Het doel is om te begrijpen hoe voedselproductie kan bijdragen aan sterkere gemeenschappen en hoe ondernemers een rol kunnen spelen in het bevorderen van sociale cohesie.

Daarnaast wordt aandacht besteed aan de impact van ruimtelijke ordening en cultuur op de voedselproductie. Onderzoekers bestuderen hoe dorpen en de Randstad zich aanpassen aan nieuwe vormen van landbouw en hoe een geitenwollensokken community/cultuur als tegenreactie op high-tech ontwikkelingen kan bijdragen aan een duurzamere toekomst.

4.2.4 Onderwijs

Onderwijs benadrukt de waarde van biologische en duurzame productie en maakt de sector aantrekkelijker voor zowel consumenten als studenten, waardoor de braindrain wordt verminderd en de sector toekomstbestendig blijft. Schoolkassen en -tuinen worden voortgezet en uitgebreid, waardoor leerlingen van jongs af aan betrokken raken bij de teelt van gewassen.

Er is een grote behoefte aan teeltkennis van meerdere gewassen, waarbij vakmanschap centraal staat. Onderwijsprogramma's richten zich met name op biologie en minder op techniek, wat aansluit bij de focus op ecologische en duurzame teeltmethoden. Hands-on leren bevordert een diepere waardering voor voedselproductie en duurzaamheid. De instroom van studenten in agrarische opleidingen neemt daardoor toe, mede dankzij de aantrekkelijkheid van de sector en de praktische benadering van het onderwijs.

De aandacht voor biologie en ecologie in het onderwijs draagt bij aan de ontwikkeling van een goed geïnformeerde generatie die de waarde van duurzame voedselproductie begrijpt en ondersteunt.

4.2.5 Retail

De retail- en consumentenmarkt is gericht op het versterken van de verbinding tussen consument en producent. Door een focus op lokale, biologische en duurzame producten, en door transparantie en directe verkoopmodellen, wordt de waarde van voedsel beter begrepen en gewaardeerd.

Retailers bieden een breed scala aan regio-specifieke voedingsmiddelen aan, wat zorgt voor een rijke productkeuze en een grote variatie in het aanbod. Dit sluit aan bij de voorkeur van consumenten voor lokaal geproduceerde en seizoensgebonden producten.

De focus ligt sterk op biologische, duurzame en maatschappelijk verantwoorde (MVO) producten. Consumenten zijn bereid meer te betalen voor voedsel dat op een verantwoorde manier is geproduceerd, en retailers spelen hierop in door een breed scala aan dergelijke producten aan te bieden. De productkeuze is rijk en divers, maar consumenten accepteren ook dat niet altijd alles in de schappen ligt. Dit betekent dat seizoensgebonden schaarste wordt geaccepteerd en gewaardeerd, wat bijdraagt aan een duurzaam consumptiepatroon.

Er is een discussie gaande over de rol van retail in de voedselketen, omdat meer consumenten direct bij de producent kopen. Dit zorgt voor een transparante prijs voor de consument en een eerlijke beloning voor de producent. Retail neemt wel een aantal van de succesvolle concepten over en schalen deze op. Daardoor verkopen zij steeds meer lokale merken, wat de verbinding tussen consument en producent versterkt. Transparantie in de gehele keten is essentieel, want consumenten willen volledig geïnformeerd zijn over de herkomst van hun voedsel, en welke impact de productie heeft gehad op het milieu.

4.2.6 Toeleverende Industrie

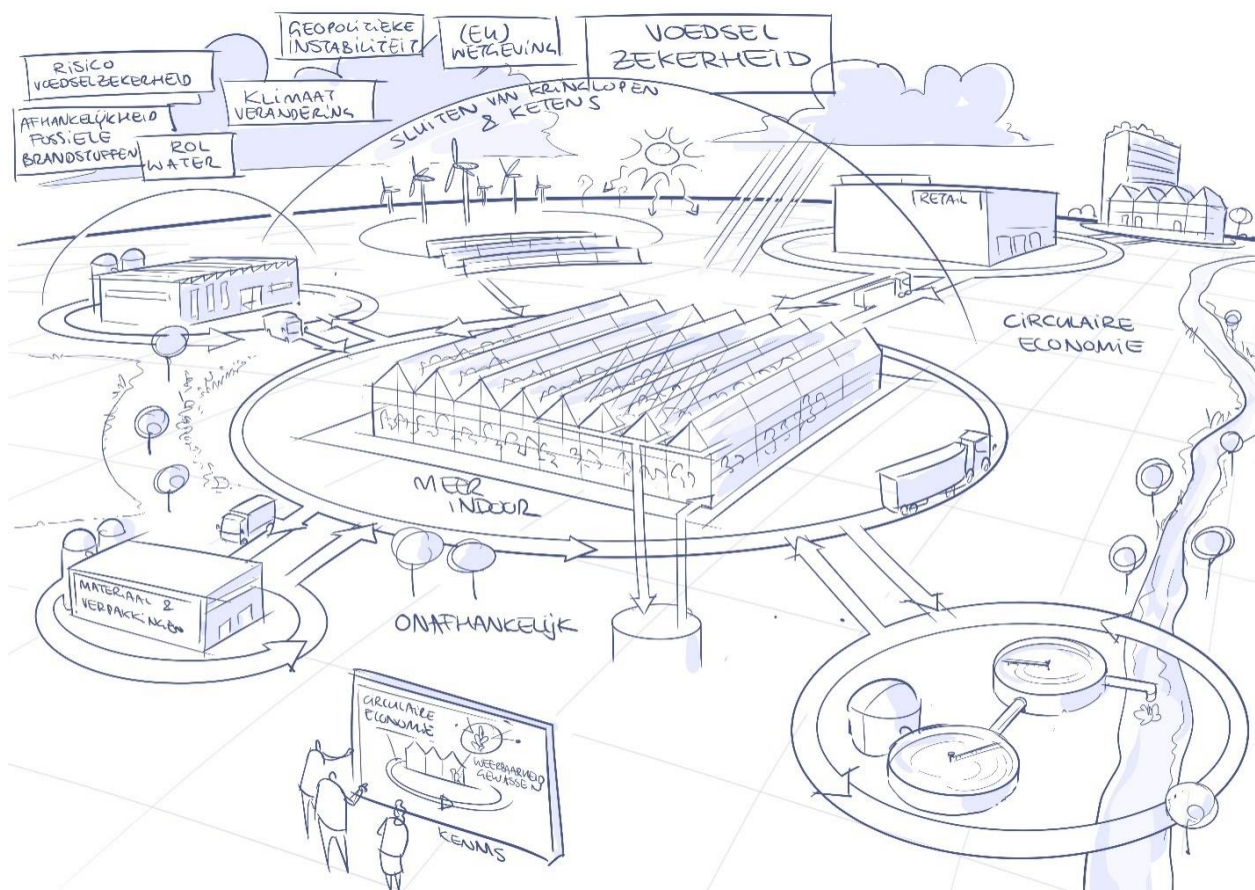
De toeleverende industrie is een belangrijke schakel. Door innovatie, ondersteuning van kleinschalige en duurzame productie, en een focus op hergebruik en circulaire processen, dragen zij bij aan het creëren van een duurzame voedselproductieketen die nauw aansluit bij de behoeften van de mens.

De veredeling van weerbare rassen blijft belangrijk, vooral omdat het openstellen van bedrijven voor het publiek grotere risico's op besmetting met zich meebrengt. Tegelijkertijd is er een discussie gaande over de noodzaak hiervan, aangezien de inzet op weerbaarheid en veel grotere diversificatie van gewassen mogelijk de behoefte aan ziekteresistente rassen vermindert.

Kleinschalige, rendabele en duurzame productie is alleen mogelijk wanneer de rol van de toeleverende industrie ook meebeweegt. Zij spelen een essentiële rol in de doorontwikkeling en levering van betaalbare technologieën en materialen die hergebruik en duurzaamheid bevorderen.

Deelnemers van de interviews verwachten een tweedeling in de verwachtingen voor de toeleverende industrie. Enerzijds kan de sector krimpen door een vermindering in de levering van bijvoorbeeld meststoffen, gewasbeschermingsmiddelen en materialen, aangezien de focus verschuift naar duurzame en ecologische teeltmethoden. Anderzijds liggen er nieuwe kansen, doordat toeleveranciers zich nog meer richten op het mogelijk maken van hergebruik en circulaire processen.

4.3 Zelfvoorzienend & Zeker



Figuur 3 Zelfvoorzienend en zeker. In dit scenario ligt de focus op zoveel mogelijk zelfvoorzienend zijn, in termen van voedselproductie, maar ook in grondstoffen. We gaan ervan uit dat grondstoffen (en schoon water) vrijwel niet of niet consistent beschikbaar zijn door geopolitieke ontwikkelingen, en dat door wet- en regelgeving nog meer moet worden ingezet op een circulaire economie. Denk aan weerbare gewassen, maximaal bestand zijn tegen de gevolgen van klimaatverandering, of op een andere manier omgaan met verpakking van voedsel.

4.3.1 Teelt

De teler van 2050 is niet langer de traditionele tuinder, maar een hoogopgeleide procesoperator die werkt in een geavanceerde, technologisch gedreven omgeving. De focus ligt op hergebruik van grondstoffen, zekerheid en samenwerking om beschikbaarheid van voedsel te garanderen in een steeds veranderende wereld. De verschuiving van buiten naar bedekte teelt is een reactie op de noodzaak voor voedselzekerheid en de behoefte om gewassen te beschermen tegen onvoorspelbare weersomstandigheden en klimaatverandering. Vraaggestuurde productie is de norm dus het aanbod is afgestemd op de markt, zowel in kwantiteit als in gewasverdeling.

De scheiding van reststromen is een cruciaal onderdeel van het proces, waarbij afvalstromen efficiënt worden beheerd en hergebruikt. Procestechologie en materiaalkennis zijn van onschatbare waarde, en telers moeten voortdurend bijleren en zich aanpassen aan nieuwe ontwikkelingen.

Hygiëne is van het grootste belang vanwege de circulaire processen die worden toegepast. De teelt is verschoven van een optimale naar een flexibele aanpak, wat betekent dat telers moeten omgaan met variabele opbrengsten. Er zijn hoge investeringen nodig om geavanceerde technologieën en infrastructuren te implementeren, wat leidt tot nieuwe financieringsmodellen en samenwerkingen. Bedrijven worden groter, of vormen samenwerkingsclusters om investeringen en diversifiëring behapbaar te maken.

Er wordt nauw samengewerkt op het gebied van water, nutriënten, energie en natuurlijke grondstoffen om duurzame en efficiënte productieprocessen te waarborgen en grondstofstromen op elkaar af te stemmen.

4.3.2 Beleid

Het beleid en de politiek rondom de glastuinbouw heeft aanzienlijke veranderingen ondergaan. De politiek is faciliterend ingesteld en neemt maatregelen om voedselproductie in en voor Nederland te beschermen en te stimuleren. Dit omvat beleid dat gericht is op het ondersteunen van duurzame en efficiënte productieprocessen. Door de verschuiving naar meer indoor teelt, is er minder druk op de natuur en wordt er meer ruimte gewonnen. De productie per vierkante meter is aanzienlijk gestegen, wat bijdraagt aan een efficiënter gebruik van beschikbare ruimte.

Men verwacht dat de voedsel-, energie- en watersector is uitgegroeid tot de grootste industrie van Nederland. Beleid ondersteunt de glastuinbouwsector als een centrale pijler van de Nederlandse economie.

Lokale politiek speelt een grote rol in het ondersteunen en reguleren van deze sectoren. Nederland richt zich meer op zelfvoorzienendheid, wat betekent dat er minder afhankelijkheid is van import. Er is een balans gevonden in de input en output op lokaal, nationaal en Europees niveau. Er is een beleidskader ontwikkeld waarin de discussie over export buiten Nederland en de rol van de EU centraal staat.

De afvalwetgeving is aangepast om het hergebruik van grondstoffen te vergemakkelijken. In plaats van dat afval eerst naar een afvalverwerker moet, kunnen grondstoffen nu direct worden hergebruikt. Er zijn regels bijgekomen over welke materialen bruikbaar zijn, wat bijdraagt aan een duurzamere productie.

4.3.3 Onderzoek

Onderzoek is sterk gericht op systeemonderzoek in plaats van losse componenten. Onderzoek is geïntegreerd in de bedrijvencusters in plaats van afzonderlijke instituten, wat leidt tot een meer holistische benadering.

De nieuwe economie draait om circulaire reststromen en kennisontwikkeling gericht op zelfvoorzienendheid en efficiëntie. Weerbare en resistente gewassen zijn van groot belang, en er is een voortdurende zoektocht naar nieuwe materialen om kunststof te vervangen. Onderzoek richt zich op het genereren van kringlopen en het verwaarden van reststromen, met een sterke nadruk op innovatie van materiaalgebruik. Het verlagen van de ecologische voetafdruk is een belangrijk doel, waarbij multidisciplinaire kennisontwikkeling over de gehele keten centraal staat.

Nederland is een gidsland op het gebied van onderwijs en onderzoek, met veel aandacht voor het ontwikkelen van oplossingen voor circulaire grondstoffen. Deze focus op innovatie en duurzaamheid zorgt ervoor dat Nederland een leidende rol blijft spelen in de wereldwijde glastuinbouwsector. Als de kenniseconomie zich ook zou beperken tot Nederland kan dit vooruitgang belemmeren, want een te kleine sector kan leiden tot onvoldoende kennisontwikkeling en innovatie.

4.3.4 Onderwijs

In 2050 is onderwijs in de glastuinbouwsector sterk gericht op het ontwikkelen van praktische vaardigheden en diepgaande kennis. Het opleiden van nieuwe generaties vindt vaak direct op het bedrijf plaats. Telen in 2050 vereist een bredere kennisbasis en gaat veel verder dan alleen gewaskennis, omdat procestechnologie, materiaalkennis, en het functioneren in de keten als geheel van nog groter belang zijn. Ook is er aandacht voor de kennisontwikkeling rondom over risico's van recirculatie.

Er is veel aandacht voor het belang van voedselproductie in Nederland, juist ook buiten de sector. Dit wordt ook via onderwijs benadrukt, om maatschappelijke acceptatie en waardering te bevorderen. Dit zorgt voor een goed geïnformeerde en betrokken samenleving die de waarde van circulaire voedselproductie begrijpt.

4.3.5 Retail

Producten uit de glastuinbouw worden voornamelijk afgezet binnen de EU, terwijl de kennis en technologie wereldwijd worden gedeeld. Het is belangrijk dat de sector modulair is opgezet en dat er een balans is tussen lokale en internationale markten.

De retail- en consumentenmarkt is sterk gericht op beschikbaarheid van voedsel, transparantie en samenwerking. Consumenten moeten meer geld uitgeven aan voedsel, maar deze prijsstijging van producten wordt geaccepteerd door de positieve context over de voordelen van duurzame en circulaire productie.

In de winkels zijn er weinig verrassingen; de producten zijn zorgvuldig gepland en gecontroleerd. Transparantie in de ketens zorgt ervoor dat consumenten de echte prijs en waarde van hun voedsel begrijpen, wat leidt tot een bredere acceptatie en omarming het aanbod. Samenwerking langs de gehele supply chain leidt tot een besef van gedeelde verantwoordelijkheid en een efficiëntere en effectievere distributie van producten.

Consumenten accepteren grotere verschillen in uiterlijk en kwaliteit voor hetzelfde product, wat een verschuiving betekent naar een meer flexibele en diverse markt. Keurmerken die aangeven dat producten circulair zijn geproduceerd, worden steeds belangrijker en helpen consumenten bij het maken van keuzes. Dit leidt tot een meer bewuste en betrokken consument, die bereid is te investeren in een toekomst met meer zekerheid.

4.3.6 Toeleverende industrie

De toeleverende industrie is een onmisbare schakel in een complexe en duurzame glastuinbouwketen, waarbij zekerheid rondom beschikbaarheid van grondstoffen en voedsel centraal staat. Toeleveranciers zijn verantwoordelijk voor het ophalen, versterken en terugleveren van grondstoffen, en fungeren als kennispartners die data-gedreven advies geven over circulariteit en duurzaamheid. Tevens worden systeemoplossingen geleverd die complexe problemen aanpakken met modulaire oplossingen, gepaard met een vernieuwd kasontwerp dat beter bestand is tegen extreme weersomstandigheden.

Toeleveranciers verzamelen en zetten lokale grondstoffen om, coördineren grondstofstromen en werken nauw samen om de efficiëntie te verhogen. Compostering en biogasproductie zijn belangrijke processen, evenals de recycling van materialen en het gebruik van slib uit waterzuivering als meststof. Energiemaatschappijen krijgen een meer prominente rol in de sector. Biogas-warmtekrachtkoppelingen (wkk) worden gebruikt om CO₂, warmte en elektriciteit te produceren. Geothermie en CO₂-afvang zijn ook belangrijke technologieën, evenals het afvangen van aardgas.

5 Route- en kansenkaart – van toekomstvisie naar transitiepad

De input van deelnemers uit de eerste workshop rondom de drie mogelijke toekomstscenario's heeft de beelden aangescherpt voor ieder van de actoren. In die workshop is echter niet gesproken over wat er nodig is om het scenario te realiseren. In een tweede workshop is daarom gewerkt aan het beschrijven van de route, aan de hand van concrete resultaten als indicatoren op weg naar de realisatie van het toekomstscenario. Ook is er in deze workshop uitgedacht welke kennisvragen daar eventueel nog voor beantwoord zouden moeten worden, en welke daarvan allereerst prioriteit zou moeten krijgen.

In dit hoofdstuk zijn per scenario de resultaten van de tweede workshop samengevat. De belangrijkste kennisvragen zijn dikgedrukt in de tekst weergegeven. Voor een detailoverzicht van alle kennisvragen, zie Bijlage 1.

5.1 Technologische efficiëntie – Wat is er nodig?

5.1.1 Tuinbouw als industrie

Om een fossielvrije glastuinbouwsector te realiseren, zal tuinbouw volgens de deelnemers gezien moeten worden als onderdeel van de 'industrie' van Nederland in bredere zin. Omdat energie altijd beschikbaar moet zijn en de energietransitie dus centraal staat, moet er wel ingezet worden op clustering voor aardwarmte, intelligent gebruik van het stroomnet en warmteterugwinning door de grootverbruikers. Naast de energiesector kan kruisbestuiving met andere sectoren kennisontwikkeling in een stroomversnelling brengen en het verdienvermogen van de tuinbouw vergroten. Vanuit de overheid is hier kader scheppende regelgeving voor nodig, die aansluit bij de laatste ontwikkelingen; op het gebied van duurzaamheid, maar ook voor het toelaten van nieuwe technologieën zoals CrisprCAS. Een voordeel van de sterke link met overige industrieën is dat men kan leren van de normering van industrialisatie, waar standaardisatie van protocollen en procestechniek veel gebruikelijker is dan in de glastuinbouwsector.

5.1.2 Van data naar kennis

Telers moeten van data naar inzichten naar actie om te automatiseren, maar er leven nog veel vragen rondom de bouwblokken en inrichting van een autonome kas. Er is meer kennis nodig; van sensoren en metingen, inzet van groeimodellen, AI en robotica, tot de rol van de mens en zijn kennisbehoefte. Het onderste lijkt zeker nog niet uit de kan gehaald met betrekking tot nieuwe inzichten en verbanden die te halen zijn uit beschikbare data. Door de toenemende sturing op data gaat cybersecurity een belangrijkere rol spelen, en hier zal meer aandacht voor moeten komen dan nu het geval is. Dit sluit aan bij de wens van de deelnemers om de sector te herpositioneren als meer dan teelt: ook engineering, data en AI spelen een rol – al zal voor maximaal optimaliseren op basis van autonome aansturing ook nog veel meer fysiologische kennis én integratie van plantkundige expertises nodig zijn.

5.1.3 Innovatie in de teelt

Teeltsystemen zullen moeten worden herzien, want het is duidelijk dat een geautomatiseerde kas aan andere voorwaarden moet voldoen dan de huidige kasconstructies en teeltsystemen. Door het toenemende energieverbruik zullen technische doorbraken gerealiseerd moeten worden op duurzaamheidsgebied, bijvoorbeeld in de vorm van lichtdoorlatende zonnepanelen. Het is zaak om hierbij niet zelf het wiel opnieuw uit te vinden, maar juist precompetitieve samenwerkingen aan te gaan en te leren van andere sectoren en kennis van buiten de tuinbouw en buiten Nederland.

Een andere, minstens zo belangrijke factor is het verlagen van gewasgerelateerde risico's: denk aan monitoring, scouting met automatische kwaliteitszorgsystemen, maar mogelijk ook compartimenteren omdat de impact van ziekte bij een systeem waarbij monocultuur en grootschaligheid leidend zijn mogelijk groter is dan in de huidige opzet.

Qua veredeling zijn innovaties nodig die bij moeten dragen aan het succes van dit scenario; meer weerbare, resistente gewassen, gewassen die energiezuiniger zijn maar toch eenzelfde opbrengst genereren, of gewassen waarbij uniformiteit het uitgangspunt is en kenmerken hebben die complexiteit reduceren en daardoor beter in een automatische, gerobotiseerde kas passen. Een voorbeeld van dat laatste is een verschuiving van huidige hogedraadgewassen (tomaat, paprika) naar laagblijvende rassen, die dan weer ingepast moeten worden in een herzien teeltsysteem.

Hoewel dit scenario technologie-gedreven is, blijft arbeid belangrijk. Er is behoefte aan voldoende (hoog) geschoold technisch personeel, niet in de laatste plaats vanwege de toenemende service- en onderhoudsvraag van alle systemen. Het is echter nog onduidelijk hoe de arbeidscultuur van de tuinbouw aan kan sluiten bij het personeel van de toekomst, zoals ook blijkt uit de suggestie van één van de deelnemers van de workshop om sociale robots in te zetten om arbeidsvreugde te verhogen.

5.2 Technologische efficiëntie – Welke onderzoeksvragen liggen er?

Centraal staan vragen rondom de geautomatiseerde kas. **Hoe gaat deze eruit zien?** Welke robotica kunnen we daarvoor inzetten? We bewegen naar "data-driven", maar **welke data hebben we daarvoor nodig om tot de juiste kennis te komen?** Wat is de rol van de teler dan nog? Vanuit het gewas geredeneerd spelen nog twee aspecten een rol: enerzijds is er nog steeds veel onzekerheid over **welke gewasparameters nu echt belangrijk zijn** voor autonome sturing, en anderzijds: hoe het gewas zo te veredelen dat de kenmerken optimaal zijn voor een teelt waarbij robots alle teelthandelingen uitvoeren?

De beantwoording van deze vragen hangt met elkaar samen, en dat maakt het complex. Ontwikkelingen op het gebied van robotica en het inzetten van AI gaan ontzettend snel; de onderliggende technologie komt veelal van buiten de sector, en is onder andere daardoor vaak moeilijk te doorzien voor de gemiddelde actor. Daar is hulp bij nodig, en er is daarom een regiepartij nodig die zich overkoepelend en onafhankelijk focust op innovatie en nieuwe technologie – zoals het vroegere Productschap Tuinbouw, maar dan wel in een vorm waar **kruisbestuiving met andere sectoren voorop staat**.

5.3 Verbinding met voedsel – Wat is er nodig?

5.3.1 Diversificatie rol van de teler

Aansluitend bij de scenariobeschrijving uit het vorige hoofdstuk (4.2), vraagt dit scenario echt om een nieuwe rol voor de teler. Niet alleen in de zin van maatschappelijke betrokkenheid, maar ook iemand met improvisatievermogen, die bereid is op kleine schaal op een klimaatbestendige manier veel verschillende producten te telen, en de consument daarbij in de kas weet te krijgen. Het assortiment van de teler zal dus moeten verbreden: niet alleen in de producten die hij aanbiedt, maar ook zijn maatschappelijke dienstverlening. Als er meer werkgelegenheid geboden wordt voor mensen met afstand tot de arbeidsmarkt, vraagt dat ook een verbindende en zorgdragende rol. Er bestaan uiteraard al een aantal van zulke initiatieven, maar dit zal in dit scenario de norm moeten worden in plaats van een uitzondering.

5.3.2 Rol van de overheid

Dit scenario vraagt volgens deelnemers aan de workshop ook de nodige aanpassingen in wet- en regelgeving, zoals bijvoorbeeld een wijziging van bestemmingsplannen zodat kassen ook letterlijk dicht bij de consument gebouwd mogen worden (denk aan een buurtkas). Ook zal er zal ruimte moeten zijn om op een andere manier met elkaar samen te werken, waarbij men zich moet realiseren dat er waarschijnlijk behoorlijke overheidsinvesteringen nodig zijn om deze nieuwe vorm van bedrijfsvoering een kans te geven. Er moet ruimschoots aandacht komen in het onderwijs om van jongs af aan kennis op te bouwen. Daarnaast vraagt dit scenario dat de overheid actief inzet op preventieve gezondheid door voeding, en moeten (nader te bepalen) maatregelen ervoor gaan zorgen zodat de retailprijzen meer aansluiten bij de ware kosten van duurzame voedselproductie.

5.3.3 Van kas naar consument

De consument zal meer de kas in moeten, maar het is een illusie om te denken dat iedereen met zijn voeten in de modder gaat staan. Er zijn daarom ook ontzorgers (denk aan bezorging van maaltijdboxen; maar toch ook klassieke retail) nodig die lokale producten rechtstreeks naar de consument toebrengen. Logistiek gezien vraagt dit een andere organisatie dan de huidige grootschalige aanpak. Hierbij zal hoe dan ook transparantie centraal moeten staan, waarbij informatie over het product met betrekking tot duurzaamheid en andere relevante kenmerken gemakkelijk te vinden zijn. Misschien kan men leren van de sierteelt op dit vlak.

Hoewel er tegemoet gekomen wordt aan de wens van een deel van de maatschappij om meer betrokken te zijn, moeten consumenten als afnemer van de producten over de gehele breedte wel serieus genomen worden: door vraaggericht te produceren, veel te communiceren over wat je doet, en je te houden aan afspraken, zal de bereidheid om meer betrokken te zijn ook groeien bij de middenmoot – evenals de bereidheid om meer te betalen. Er is wel onduidelijkheid over wat het type consument is dat aansluiting vindt in dit scenario, en wat er nodig is om prioriteit te krijgen bij de consument voor gezond voedsel.

5.4 Verbinding met voedsel – Welke onderzoeksvragen liggen er?

Hoewel veel deelnemers aan de workshop het meest enthousiast werden van dit scenario, roept het ook de meeste vragen op. Die hebben uiteraard te maken met de **financiële haalbaarheid**, maar ook met meer praktisch georiënteerde vragen. Want als je zoveel meer mensen in je kas toelaat, hoe zit het dan met ziektedruk? Zetten we in op weerbaarheid van het gewas, of op hygiëne protocollen? En wat voor type tuinder heb je eigenlijk nodig in dit scenario? Meer dan bij de andere scenario's vraagt dit om een schaap met de vijf poten: Een vakbekwame verbinder, die ook een **goed businessmodel** neer kan zetten, en daarnaast veel kennis heeft van een grote variatie aan gewassen, en die idealiter ook nog in staat is om anderen de kennis van biologisch of regeneratief telen bij te brengen. De competenties zijn op zich duidelijk, maar hoe je die **kennis** in één persoon zou moeten vatten, niet.

Ook in dit scenario is er aandacht voor de keten als geheel. Robotisering zal minder geavanceerd zijn dan bij technologische efficiëntie, maar wel degelijk ondersteunend. In welke mate dat is, en waar de behoefte straks precies ligt, zal nog verder uitgewerkt moeten worden. De manier waarop logistiek en retail bijdragen aan **transparantie** en de **perceptie** van bijvoorbeeld 'biologisch' **door de eindconsument** wordt gezien belangrijk, maar concrete ideeën zijn er nog niet. Datzelfde geldt voor de precieze, meest effectieve manier waarop de overheid een rol in kan spelen in de nieuwe **economische balans** binnen dit scenario. Moeten zij vooral de nieuwe initiatieven stimuleren, of juist maatregelen treffen zodat minder duurzame productie minder interessant wordt? Het lijkt er hoe dan ook op dat dit scenario voorlopig op zichzelf staand niet economisch haalbaar is zonder een overlap met de andere twee toekomstvisies.

5.5 Zelfvoorzienend & Zeker – Wat is er nodig?

5.5.1 Evolutie van de keten

Er zullen afspraken gemaakt moeten worden binnen de keten als geheel, waarbij transparantie en standaardisatie centraal moet staan. Een ketenbrede aanpak zorgt voor schaalbaarheid en versterkt de onderhandelingspositie voor grondstoffen. Voor de verwerking van reststromen moet breder gekeken worden dan alleen tuinbouw. Door verder te kijken creëren we synergie met andere industrieën, maar het volume biedt ook ruimte om recirculatie werkelijk mogelijk te maken. De deelnemers zijn van mening dat er onderzoek gedaan moet worden naar buffers; energie, stoffen, water, of verpakkingsmateriaal zijn niet altijd meteen nodig als deze worden geproduceerd; voor de verwerking van reststromen geldt hetzelfde.

5.5.2 Faciliterend beleid over energie, circulariteit en klimaat

Er moet verbeterde wetgeving opgesteld worden, in samenwerking met het bedrijfsleven. Lokale of regionale politiek is daarbij faciliterend, maar op landelijk niveau moet de verbinding gezocht worden met het beleid van bijvoorbeeld EZ ten aanzien van energie, circulair en klimaat. Er is nu geen stimulering vanuit overheid op circulair; en daarom is de concurrentie van hergebruik van materialen ten opzichte van nieuw laag. Er is behoefte aan een programma voor innovatie of een circulariteitsplan, waarin aandacht is voor vernieuwende kwaliteitsnormen (niet sturen op uiterlijke kenmerken of kostprijs, maar op circulaire belasting), en waarbij een link wordt gemaakt met de ruimtelijke invulling van circulariteit.

5.5.3 De teler wordt niet alleen producent van voedsel, maar ook van grondstoffen

Vooraf de verandering in het (her)gebruik van grondstoffen staat centraal in dit scenario voor de teler, zoals het terugwinnen van meststoffen of het überhaupt minder gebruik maken van grondstoffen. Er is echter ook aandacht nodig voor opbrengstzekerheid, waarbij bruikbare zijstromen juist ook een bron van inkomsten kunnen zijn. De teler is dan niet alleen producent van voedsel, maar ook van grondstoffen. Binnen het concept van teeltoptimalisatie zal ook een aanpassing moeten plaatsvinden: niet het hoogste aantal kilo's, maar het meest weerbare gewas geteeld met circulair materiaalgebruik.

5.5.4 Regie van een transitie naar zelfvoorzienend en zekere toekomst

Schaalgrootte en ketenbrede aanpak vraagt een nauwe samenwerking tussen investeerders, bedrijven en de overheid. Daardoor ontstaan vragen rondom verantwoordelijkheid, en dat vraagt een sterke kartrekker. Het is echter onduidelijk bij zo'n ketenbrede aanpak is wie het beste de regie kan, en zou moeten nemen.

5.6 Zelfvoorzienend & Zeker – Welke onderzoeksvragen liggen er?

Allereerst de lijn waar nu zichtbaar veel op wordt ingezet: nieuwe technologieën om grondstofverbruik te verminderen, hergebruik mogelijk te maken en slim met **grondstofstromen** om te gaan zoals de genoemde **buffer-mogelijkheid**. Dit brengt ook vragen met zich mee die te maken hebben met bijvoorbeeld schaalgrootte en standaardisatie. Deze categorie vragen raken vooral de (toeleverende) industrie en de teler.

De tweede categorie vragen raakt aan de maatschappelijke beleving en betaalbaarheid van dit scenario. Hoe zorgen we voor een verandering in beleving bij de consument? Hoe verander je de perceptie van kwaliteit van 'product met een perfect uiterlijk' naar 'circulair verantwoord', en daarmee erkenning van de license to produce? Retail heeft een sturende rol in het **meer transparant maken van de keten**, naar de consument én naar de teler: maar dit werkt alleen als het voor hen ook rendabel is, en het is nog onduidelijk hoe we dat moeten bereiken. Daaraan gelieerd spelen vragen die te maken hebben met de betaalbaarheid/ het verdienmodel van circulariteit aan de productiekant, en de **impact op ruimtelijke ordening**.

Ten derde: **Wie neemt de regie** in deze transitie, en hoe reguleren we een ketenbrede aanpak? Ligt de kartrekkersrol bij het bottom-up bij het bedrijfsleven of top-down bij de overheid? Juist bij een **ketenbrede aanpak** spelen vraagstukken rondom verantwoordelijkheid, vertrouwen en controle een grote rol. Er zal daarom ook aandacht besteed moeten worden aan wat er nodig is om (weer) voldoende draagvlak te creëren bij alle betrokken partijen.

6 Conclusie

Het doel van “Systeemsprong duurzame productiesystemen voor teelt van voedselgewassen in de kas” was het opstellen van eenduidige en gedeelde visie(s) op een duurzaam voedselproductiesysteem, en de route daarnaartoe, binnen de huidige en toekomstige kaders en mogelijkheden.

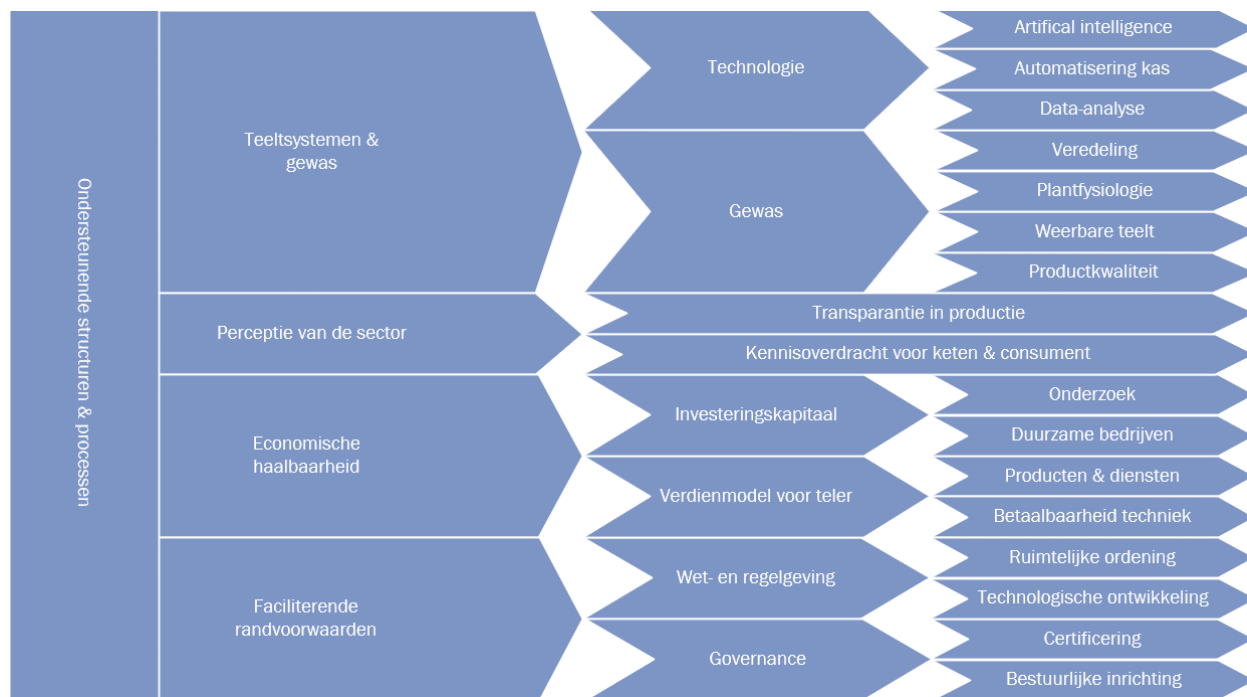
Een multi-level perspective systeemanalyse op basis van literatuuronderzoek is aangevuld met informatie opgehaald tijdens groepsinterviews. Hierdoor kon worden gedefinieerd welke maatschappelijke uitdagingen en behoeftes geadresseerd moeten worden zodat de sector haar ‘license to produce’ kan houden. Op basis van deze systeemanalyse zijn drie toekomstscenario’s met een horizon van 25 jaar geschetst. Er is een rol voor verschillende relevante actoren: ook stakeholders in de toeleverende industrie, beleid, onderzoek, onderwijs, én retail zullen in beweging moeten komen. Voor een succesvolle transitie is immers een verandering in het functioneren van maatschappij en samenleving als geheel nodig. Ook in de tuinbouw leiden meerdere wegen naar Rome: de drie scenario’s bieden drie verschillende routes naar een ecologische en economisch duurzame sector. De toekomstscenario’s zijn dusdanig vormgegeven dat zij elkaar niet uitsluiten. Tijdens een eerste workshop zijn de scenario’s verder ingevuld. Hierbij is door de deelnemers is de verwachting uitgesproken dat deze scenario’s elkaar kunnen ondersteunen, en dat kennis die van belang is in het ene scenario ook relevant is voor een ander. Vervolgens heeft een tweede workshop invulling gegeven aan de nog te bewandelen route om de scenario’s te realiseren, door concrete kennisvragen en benodigde resultaten te definiëren.

Dit project beschrijft de in de praktijk gedeelde opvatting met betrekking tot de invulling en de realisatie van deze breed gedragen toekomstscenario’s, evenals wat er nodig is op het gebied van onderzoek, samenwerking en communicatie. Ze vormt daarmee het fundament om deze noodzakelijke systeemsprong te realiseren.

6.1 Scenario-overstijgende thema’s

Inzicht in de kennisvragen zoals die geformuleerd zijn door de deelnemers aan de workshop is ongekend waardevol. Ze geven de denkrichting aan van de sector, en bieden een inkijkje in de vraagstukken waarvan zij denken dat deze prioriteit verdienen. Activiteiten die duidelijk bijdragen aan het vinden van antwoorden op deze vragen, zullen het draagvlak krijgen wat ze nodig hebben.

Er zit meerwaarde in het combineren van de scenario-overstijgende vraagstukken (Figuur 4), ook al ligt de nadruk in ieder scenario net anders (Bijlage A). Door te starten bij de kennisvragen die alle scenario’s raken, kan een efficiëntieslag gemaakt worden. Want deze onderwerpen spelen - ongeacht de vorm van voedselproductie in de toekomst - een relevante rol in de weg naar een ecologisch en economisch duurzaam en gezonde sector. Per thema kan uitgewerkt worden hoe een oplossing in het ene scenario mogelijk wat verschilt van het andere, maar het antwoord hoeft dan niet driemaal, in drie verschillende projecten, opnieuw uitgedacht te worden.



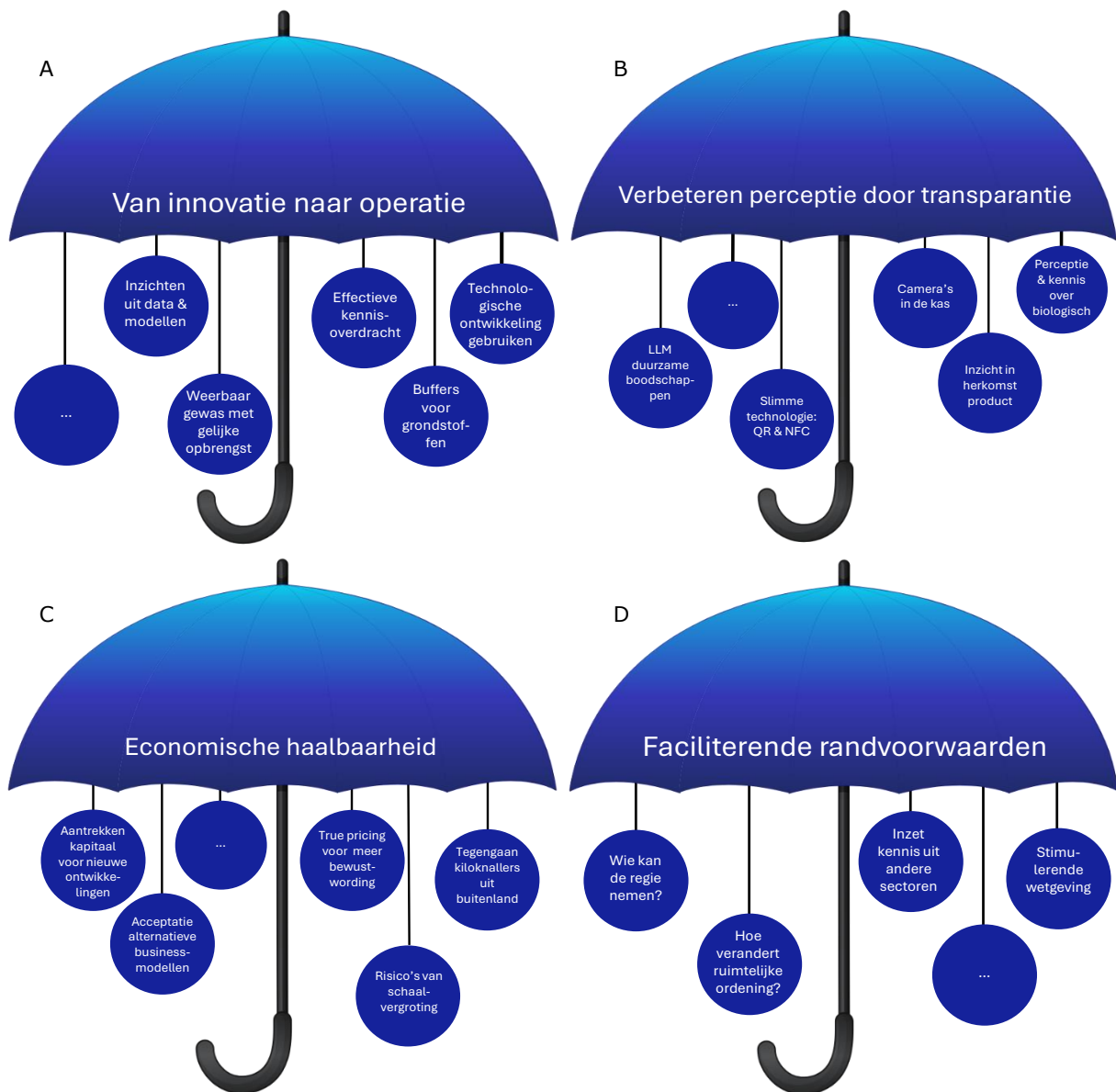
Figuur 4 Landschap van thema's onderliggend aan de kennisvragen benoemd door deelnemers aan workshopronde 2, op basis de drie toekomstscenario's (zie Figuur 1-3).

6.2 Meer impact door aandacht voor de onderliggende behoeften

Door te werken op basis van kennisvragen, activiteiten en projectdoelen wordt aan deeloplossingen gewerkt, maar de impact lijkt steeds beperkt te blijven. Deze methode zal niet leiden tot de duurzaamheidstransitie die de sector nodig heeft. De te eenzijdige aanpak heeft tot gevolg dat er te weinig aandacht is voor de rol van de onderliggende problematiek. Juist een integrale aanpak per kerngebied, waarbij er aandacht is voor het overkoepelende vraagstuk is cruciaal om transitie te realiseren (Figuur 5). Een voorbeeld ter illustratie: In alle scenario's komen vragen naar boven rondom transparantie in de keten:

- Hoe kunnen we slimme technologieën zoals QR of NFC gebruiken om consumenten informatie over producten te geven?
- Is het zinvol om camera's in kassen te gebruiken om consumenten mee te laten kijken en meer transparantie te bieden in het teeltproces?
- Hoe zorgen we voor transparantie: hoe vind je informatie over het product met betrekking tot duurzaamheid en verantwoorde productie, zeker bij producten uit het buitenland?
- Kan een LLM zoals ChatGPT me helpen mijn boodschappenlijstje te maken op basis van mijn keuzes met betrekking tot duurzaamheid en prijs?

Hoe zorgen we voor transparantie van circulariteit in de keten, van toeleverancier tot teler? Het doel van het beantwoorden van deze vragen is niet de technologische oplossing an sich: deze vraagstukken moeten steeds geplaatst worden tegen de achtergrond van "de wirwar van ecologische, sociale en economische aspecten", gedefinieerd in het socio-technisch landschap (Hoofdstuk 3.1). De sector kampt namelijk met een imagoprobleem, zoals blijkt uit sociaal-culturele maatschappelijke uitdagingen rondom 'onrealistische consumentenverwachtingen', 'onwetendheid en misinformatie', en 'het verhaal op de juiste manier vertellen'. Door de vraagstukken rondom transparantie te plaatsen in dit kader, dragen ze bij aan het veranderen van de perceptie van de sector. Want dáár zit namelijk de echte uitdaging, en door dat probleem aan te pakken kan de impact vele malen groter zijn dan een enkel 'we hebben een techniek ontwikkeld waarmee de consument de herkomst van zijn gekochte tomaten kan aflezen'. Het zou verstandiger zijn om in transdisciplinaire teams aan thema's zoals gedefinieerd in Figuur 4 te werken, en daarbij te redeneren vanuit het overkoepelende probleem (kerngebied) dat we proberen aan te pakken en daar onderzoeksvragen bij te formuleren, niet door te starten met activiteiten op weg naar een doel.



Figuur 5 *Integrale aanpak geredeneerd vanuit het probleem in plaats vanuit activiteiten op weg naar het doel. A: Technologische ontwikkelingen en onderzoek gaan hard, maar vinden vaak moeilijk hun weg naar de dagelijkse praktijk van telers. B: Transparantie in de keten is niet het doel an sich, maar draagt bij aan het oplossen van sociaal-culturele maatschappelijke uitdagingen rondom het imago van de sector. C: De zorgen over economische haalbaarheid vereisen een aanpak die alle aspecten van betaalbare voedselproductie in Nederlandse kassen in overweging neemt. D: Voor de realisatie van een duurzame glastuinbouw zijn externe omstandigheden en middelen nodig om de transitie te ondersteunen en tot een succes te maken.*

6.3 Een integrale aanpak vraagt een passende structuur

In de vorige paragraaf zijn een aantal overkoepelende kernthema's benoemd die ongeacht het scenario geadresseerd zullen moeten worden (Figuur 4). Deze thema's zijn essentieel voor het succesvol adresseren van de uitdagingen binnen de glastuinbouwsector. De huidige opzet van de KIA vereist het onderbrengen van een vraag bij één enkele missie, maar dat resulteert in een eenzijdig perspectief, terwijl onze analyse juist de noodzaak laat zien van een brede, KIA-missie-overstijgende samenwerking, geredeneerd vanuit het probleem (Figuur 5). Een integrale aanpak die zorgt voor impact vraagt om een structuur die daarbij past. Multi-, inter- of transdisciplinair onderzoek brengt verschillende disciplines, en wetenschap en maatschappelijke partners, samen om complexe maatschappelijke problemen gezamenlijk aan te pakken.

Hoewel deze aanpak veel voordelen biedt, brengt het ook uitdagingen met zich mee. Denk hierbij aan het integreren van verschillende wetenschappelijke en maatschappelijke perspectieven of het spreken van een gezamenlijke taal. Vragen zoals “Wat is de optimale samenstelling en governance van inter-/transdisciplinaire teams?” of “Welke sociale factoren, zoals vertrouwen en een gemeenschappelijke taal, zijn bepalend voor succes?” (NWO, 2022) zullen ook in de glastuinbouwsector een rol spelen. Daarnaast is het moeilijk om te bepalen wie de verantwoordelijkheid draagt bij dit type onderzoek. Onderwerpen zijn per definitie bedrijfs- en sectoroverstijgend, worden door iedereen als belangrijk aangeduid, maar raken tegelijkertijd aan problemen die buiten de directe invloedssfeer van de individuele partijen liggen. Hierdoor is het onduidelijk wie de kartrekker zou moeten zijn. Alleen door heldere verantwoordelijkheden te definiëren en samen te werken, kunnen we de complexe vraagstukken effectief aanpakken en de glastuinbouwsector naar een hoger niveau tillen.

6.4 Aanbevelingen

Het inzichtelijk maken van kennisvragen, de overkoepelende kerngebieden, en de voorgestelde transdisciplinaire vervolgaanpak is door deelnemers aan de workshops als zeer waardevol ervaren, en roept tegelijkertijd vragen op die nog onbeantwoord blijven. Wie pakt de handschoen op? Welke van deze vragen kan in de praktijk worden opgelost, welke moeten door een kennisinstelling worden onderzocht? Wat nu als de verantwoordelijkheid bij politiek ligt en niet in onze sector, hoeveel impact kunnen we dan écht hebben? Een vervolgstudie, waarbij één van de overkoepelende thema's (Figuur 5) – bijvoorbeeld te beginnen met de randvoorwaarden - programmatisch wordt uitgewerkt in een transdisciplinair team met aandacht voor ecologische, sociale en economische aspecten, is een noodzakelijke vervolgstap om de puzzel van de systeemsprong naar een duurzame glastuinbouw verder te leggen.

Literatuur

- Broekema, R., Helmes, R., Vieira, M., Hopman, M., Gual Rojas, P., Ponsioen, T., Weststrate, J., & Verweij-Novikova, I. (2024). *Product environmental footprint category rules for cut flowers and potted plants*. Wageningen Economic Research.
- Bulten, E., Houben, S., Van Der, M., With, V., Schoorlemmer, H., & Elzen, B. (2022). *Current challenges and developments related to management of mixed cropping systems System Analysis*.
- Dekker, L. H., & Hilderink, H. B. M. (2023). The future of care in the Netherlands: application of foresight to explore challenges towards 2050. *The European Journal of Public Health*, 33(Suppl 2). <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckad160.1712>
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. In *Research Policy* (Vol. 31).
- Geels, F. W. (2011). The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. In *Environmental Innovation and Societal Transitions* (Vol. 1, Issue 1, pp. 24–40). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.02.002>
- Geels, F. W., & Kemp, R. (2000). *Transities vanuit sociotechnisch perspectief*.
- Markard, J., Raven, R., & Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, 41(6), 955–967. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.013>
- NWO. (2022). *Kennisplatform voor inter- en transdisciplinair onderzoek*. <https://www.nwo.nl/kennisplatform-voor-inter-en-transdisciplinair-onderzoek>
- UN General Assembly. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*.
- van der Voort, M., Schoorlemmer, H., & de Visser, C. (2012). *Country report - The Netherlands - Stakeholder and driver analysis on energy efficiency in agriculture*.

Bijlage 1 Kennisvragen uit workshop 2

Deze tabel bevat het overzicht van kennisvragen per scenario, uitgesplitst per thema. Deze kennisvragen zijn gekoppeld aan KIA-programma's waarbinnen deze vraag mogelijk onderzocht zou kunnen worden, waarbij reeds een koppeling is gemaakt met een aantal concreet genoemde resultaten in middel S/TRL, zoals gedefinieerd in de Kennis- en Innovatieagenda Landbouw, Water en Voedsel (KIA-LWV).

Ondanks pogingen dit overzicht zo volledig mogelijk te maken, kunnen er, afhankelijk van de specifieke benadering, nog andere geschikte resultaten, of zelfs andere programma's zijn waar een kennisvraag kan worden ondergebracht. Het doel van dit overzicht is om een indruk te geven van de mogelijke beperkingen die optreden als gevolg van het inpassen van kennisvragen binnen één missie, om zo het belang van een integrale aanpak te benadrukken.

Tabel 1 Overzicht van kennisvragen per scenario, uitgesplitst per thema en gekoppeld aan programma's en concreet gevraagde resultaten (in middel S/TRL) zoals gedefinieerd in de Kennis- en Innovatieagenda Landbouw, Water en Voedsel (KIA-LWV). Dikgedrukte vragen moeten volgens deelnemers aan de workshop prioriteit krijgen.

Vraag	KIA-programma	KIA-resultaat
Technologische efficiëntie		
Gewaskennis & teeltsysteem		
Hoe ziet de geautomatiseerde kas van de toekomst eruit en hoe moeten we deze herinrichten?	ST1 Smart Technology for Agri-Horti-Water-Food	
Wat zijn de essentiële onderdelen, inclusief sensoren, metingen, sturingsprogramma's en robotisering – en hoe zorg je 24/7 voor service en onderhoud?	ST1 Smart Technology for Agri-Horti-Water-Food	SENSOREN fotonica, miniaturisering, sensor integratie ROBOTICA Maak- technologie in combinatie met software gericht op autonoom handelen
Welke technologieën en triggers zijn nodig voor telen op afstand en growing as a service?	ST1 Smart Technology for Agri-Horti-Water-Food	SENSOREN fotonica, miniaturisering, sensor integratie ROBOTICA Maak- technologie in combinatie met software gericht op autonoom handelen ARTIFICIAL INTELLIGENCE - Slimme en explainable algoritmes ontwikkeld en toegepast
Welke rol heeft de teler in een volledig autonome kas nog? Hoe verandert zijn kennisbehoefte, en hoe voldoen we daaraan?	2B - Verdienvermogen, perspectief & waardecreatie	Bewustwording rollen & verantwoordelijkheden Tool voor zelfsturing in transitie
Hoe kunnen we autonome teelt verder ontwikkelen, waarbij nadruk niet alleen ligt op opbrengst in kilo's maar met een focus op kwaliteit en smaak?	4D - Duurzaam en gezond voedselaanbod en consumentengedrag	Technologie, ingrediënten en concepten voor duurzamere en gezondere producten, afgestemd op voorkeur consument ontwikkeld
Welke nieuwe inzichten en verbanden kunnen we genereren op basis van data, groeimodellen en slimme algoritmes, en hoe kunnen we deze gebruiken om sturen? Weten we al voldoende welke gewasparameters belangrijk zijn voor autonome teelt?	ST1 Smart Technology for Agri-Horti-Water-Food	(BIG) DATA TECHNOLOGY Data technologie voor integratie DIGITAL TWINS Integratie van data, modellering, sensoriek
Welke ras-kenmerken zijn nodig voor planten die groeien in een automatische gerobotiseerde kas?	ST1 Smart Technology for Agri-Horti-Water-Food ST2 Sleuteltechnologie voor snelle, efficiënte en nauwkeurige veredeling van plant en dier	

Vraag	KIA-programma	KIA-resultaat
Hoe kunnen we gewassen ontwikkelen die zowel weerbaar als energiezuiniger zijn, met behoud van dezelfde opbrengst?	2C - Weerbare plantaardige productie op een vitale bodem/substraat ST2 Sleuteltechnologie voor snelle, efficiënte en nauwkeurige veredeling van plant en dier 2F - Energietransitie in de land- en tuinbouw	Telers hebben toegang tot praktisch toepasbare kennis over klimaatmitigerende en klimaatadaptieve maatregelen die productie en kwaliteit borgen Overzicht energiezuinige productiemethoden Implementatie en optimalisatie van teeltechnieken (belichting, schermen, kasdekken, ontvochtiging)
Is het nodig om hogedraad-teelten te veredelen naar laagblijvende teelten, om zo automatisering te verbeteren?	ST1 Smart Technology for Agri-Horti-Water-Food ST2 Sleuteltechnologie voor snelle, efficiënte en nauwkeurige veredeling van plant en dier	
Wat is nodig om eventuele risico's ten gevolge van grootschalige monoculturen te verlagen? Moeten we inzetten op meer weerbare gewassen, meer biodiversiteit, meer monitoring en automatische kwaliteitszorgsystemen, of compartimenteren?	2C - Weerbare plantaardige productie op een vitale bodem/substraat	Interacties tussen biodiversiteit en de teelt van gewassen op verschillende schalen zijn inzichtelijk met overzicht van trade-offs en synergiën Weerbare teeltsystemen zijn ontwikkeld, gebruikmakend van gewasdiversiteit, robuuste rassen, duurzaam bodembeheer /substraatgebruik, gerichte bestrijding en ondersteund door DSS
Wet- en regelgeving		
Hoe kunnen we clustering voor aardwarmte, elektrificatie van het stroomnet en warmteterugwinning effectief implementeren, en wat is de impact op ruimtelijke ordening?	2A - Land- en tuinbouw binnen de grenzen van de natuurlijke leefomgeving 3A - Toekomstbestendige ruimtelijke inrichting landelijk gebied	Er is inzicht in de interactie en trade-offs tussen land- en tuinbouw activiteiten en gebiedsdoelen, en de kansen en uitdagingen die dit voor (clusters van) bedrijven biedt Wisselwerking stad-land en tussen verschillende schaalniveaus meegenomen in keuzes
Kunnen we verschillende industrieën (zoals energieleveranciers, datacenters, hernieuwbare energie) fysiek of in een kennisecosysteem samenbrengen om de energietransitie te ondersteunen? Wie neemt de leiding?	2F - Energietransitie in de land- en tuinbouw	Inzicht in handelingsperspectieven Optimaliseren multifunctionele inzet opwekkingsmethoden
Welke kader scheppende wet- en regelgeving is nodig rond duurzaamheid, en voor technologieën zoals CrisprCAS en biologische teelt uit de grond of substraat?	2A - Land- en tuinbouw binnen de grenzen van de natuurlijke leefomgeving	Europese en nationale duurzaamheidsdoelen zijn vertaald naar onderling samenhangende drempel- en streefwaarden op bedrijfs- en regioniveau
Perceptie van de sector		
Hoe kunnen we de tuinbouwsector positioneren als meer dan alleen teelt, inclusief engineering, data en AI?	2A - Land- en tuinbouw binnen de grenzen van de natuurlijke leefomgeving	Er is inzicht in de kansen en uitdagingen van doorontwikkeling en toepassing van (bouwstenen voor) integraal duurzame productiesystemen
Wat is nodig om consumenten te laten begrijpen dat grootschalige productie juist duurzamer kan zijn, dan kleinschalige teelt in de grond – Hoe neem je de consument hierin mee? Is het bijvoorbeeld zinvol om camera's in kassen gebruiken om consumenten mee te laten kijken en meer transparantie te bieden, of met behulp van vernieuwende retailconcepten?	2A - Land- en tuinbouw binnen de grenzen van de natuurlijke leefomgeving 4A - Een ecologisch en economisch houdbaar landbouw & voedselsysteem 4D - Duurzaam en gezond voedselaanbod en consumentengedrag	Er is inzicht in de effecten van strategische (beleids-) keuzes op de integrale duurzaamheid van de Nederlandse land- en tuinbouw Ontwikkelen en toetsen van strategieën om consumenten & keten aan te laten sluiten op doelstellingen van het landbouw & voedselbeleid Beleidsopties kunnen worden doorgerekend en vergeleken op hun impact op de integrale duurzaamheid van (onderdelen van) de NL land- en tuinbouw en afwentelingen
Hoe kunnen we slimme technologieën zoals QR of NFC gebruiken om consumenten informatie over producten te geven?	4D - Duurzaam en gezond voedselaanbod en consumentengedrag	Instrumenten en strategieën ontwikkeld om consumentenattitude t.a.v. van duurzame en gezonde voeding te verbeteren en consumenten tot een consequent duurzamer en gezonder eetgedrag te verleiden
Economische haalbaarheid		
Hoe kunnen we kapitaal aantrekken voor realisatie en ontwikkeling van nieuwe technologieën?	2B - Verdienvermogen, perspectief & waardecreatie	Inzicht in financiering verduurzaming en methoden voor risicofinanciering en – mitigatie en rol van stakeholders hierin Ontwikkeling nieuwe incentives & verdienmodellen voor/met actoren

Vraag	KIA-programma	KIA-resultaat
Wat is nodig om acceptatie van nieuwe businessmodellen te stimuleren, zoals van koop naar gebruik, en hoe moet de organisatiestructuur van bedrijven daarop worden aangepast?	2B - Verdienvermogen, perspectief & waardecreatie	Ontwikkeling kengetallen voor alternatieve bedrijfsmodellen Inzicht relatie transitie – grondmarkt – gebruik & beheer
Hoe kunnen we tuinbouw effectief combineren met andere sectoren om kennisontwikkeling en verdienvermogen te versnellen (bijvoorbeeld door samenwerking met het ministerie van Economische Zaken)? Randvoorwaarden en faciliterende processen	2B - Verdienvermogen, perspectief & waardecreatie	Inzicht in kansen & uitdagingen nieuwe samenwerkingsvormen Ontwikkeling nieuwe incentives & verdienmodellen voor/met actoren
Wat is nodig voor verdere technische doorbraken op duurzaamheidsgebied, zoals lichtdoorlatende zonnepanelen?	2F - Energietransitie in de land- en tuinbouw 4A - Een ecologisch en economisch houdbaar landbouw & voedselsysteem ST1 Smart Technology for Agri-Horti-Water-Food	Implementatie van alternatieve wijzen van verwarming en energieopwekking Inzicht in mogelijkheden andere (keten-)samenwerkingsvormen
Hoe maken we slimmer gebruik van kennis uit andere sectoren, zoals procestechniek of robotica, en hoe slaan we de brug tussen technologische ontwikkelingen, groene kennis, en praktische toepassingen in de tuinbouw?	4A - Een ecologisch en economisch houdbaar landbouw & voedselsysteem	Inzicht in mogelijkheden andere (keten-) samenwerkingsvormen Inzicht in mogelijkheden voor versterking van onderscheidend vermogen (waardecreatie) en imago wereldwijd
Welke maatregelen zijn nodig om cybersecurity in de tuinbouwsector te waarborgen?	ST1 Smart Technology for Agri-Horti-Water-Food	
Hoe kunnen we sociale robots inzetten voor arbeidsvreugde en efficiëntie?	ST1 Smart Technology for Agri-Horti-Water-Food	
Verbinding met Voedsel		
Teeltsystemen & gewas		
Hoe zorgen we ervoor dat de juiste kennis beschikbaar is om dit een succes te maken?	1D - Transitie naar een natuurinclusieve samenleving 2B - Verdienvermogen, perspectief & waardecreatie	Kennis van toepassing nieuwe op natuur gebaseerde verdienmodellen voor boer, burger, bedrijven en dienstverlening Er is kennis van factoren die bewustzijn en participatie bevorderen en belemmeren, in het bijzonder onderwijs en natuur- en duurzaamheidseducatie Er is concreet handelingsperspectief voor een rechtvaardige, inclusieve en maatschappelijk verantwoorde transitie Inzicht in financiering Inzicht in kansen & uitdagingen nieuwe samenwerkingsvormen
Welke kennis hebben we nog nodig over de interacties tussen planten onderling, tussen planten en mensen, en tussen planten en ... ?		
Waar past de teelt van calorierijke groenten (rijst, tarwe, soja, aardappels) in dit scenario?	4C - Alternatieve eiwitten: keten, producten en consument 4D - Duurzaam en gezond voedselaanbod en consumentengedrag	Gewas- en variëteit selectie heeft geleid tot betere veilige plantaardige eiwitbronnen
Hoe kunnen we gemengde teelt (mixed cropping) succesvol implementeren zonder het gebruik van chemische of biologische middelen?	2C - Weerbare plantaardige productie op een vitale bodem/substraat	Interacties tussen biodiversiteit en de teelt van gewassen op verschillende schalen zijn inzichtelijk met overzicht van trade-offs en synergiën Telers en adviseurs hebben toegang tot informatie over eenduidige en toepasbare kennis over gewasbeschermingsstrategieën
Moeten we ons richten op het verhogen van de weerbaarheid van gewassen tegen ziektes en plagen, of op het ontwikkelen en implementeren van strikte hygiëneprotocolen om een steriele omgeving te behouden?	2C - Weerbare plantaardige productie op een vitale bodem/substraat	Kennis over de gevolgen van klimaatverandering is omgezet in nieuwe klimaat-neutrale en –positieve teeltsystemen Identificatie van echte biologisch relevante risico's op basis van kennis over ziekten, plagen en onkruiden

Vraag	KIA-programma	KIA-resultaat
Hoe zorg je voor producten van een bepaalde kwaliteit, en hoe borg je dit?	2C - Weerbare plantaardige productie op een vitale bodem/substraat	Weerbare teeltsystemen zijn ontwikkeld, gebruikmakend van gewasdiversiteit, robuuste rassen, duurzaam bodembeheer /substraatgebruik, gerichte bestrijding en ondersteund door DSS Telers hebben toegang tot praktisch toepasbare kennis over klimaatmitigerende en klimaatadaptieve maatregelen die productie en kwaliteit borgen
Hoe maken we de productie circulair?	2E - Circulariteit, productie & gebruik duurzame grondstoffen 4B - Duurzame verwerking en voedselveiligheid, vers en verwerkt 4F - Meervoudige verwaarding vanaf de agrifoodsector naar food en non-food	Effectievere benutting van nutriënten, koolstof & water in land- en tuinbouw Technologie voor het gebruik van onderbenutte en moeilijk te bewerken biograndstoffen Strategieën, ketens en technologieën ontwikkeld voor het verduurzamen van voedselverwerkingsketens (Regionale) ketens voor efficiënt inzetten van biograndstoffen (tegenaan verlies grondstoffen en energie) en valoriseren zijstromen gerealiseerd Ketens voor de productie van hoogwaardige, veilige, duurzame materialen en producten uit biograndstoffen, voor noodzakelijke vervanging van fossiele producten gerealiseerd
Welke specifieke kennis is nodig voor het telen van gewassen op een biologische of regeneratieve manier?	2C - Weerbare plantaardige productie op een vitale bodem/substraat 4A - Een ecologisch en economisch houdbaar landbouw & voedselsysteem	Telers hebben toegang tot eenduidige duidelijke informatie over duurzaam beheer van de bodem en substraat, incl. gewasrespons Effect van klimaatverandering op weer-bare plantaardige productie is inzichtelijk Kennis om bij te dragen aan het creëren van EU level playing field van duurzame producten Inzicht in kansen & uitdagingen nieuwe samenwerkingsvormen
Hoe kunnen we telers effectief opleiden en trainen in biologische en regeneratieve teeltmethoden?	4A - Een ecologisch en economisch houdbaar landbouw & voedselsysteem 4E - Voedselzekerheid nu en in de toekomst (mondiaal, EU, Nederland)	Verdienmodellen voor vermarkting van kennis & innovatie Ontwikkeling duurzame initiatieven op het vlak van: intensivering natuur-inclusieve productiesystemen Ontwikkelen kennis lokale voedselomgeving & lokaal /regionaal consumentengedrag & governance
Welke mate van techniek draagt functioneel bij?		
Welke sensoren zijn nodig ter ondersteuning van arbeid, en hoe zetten we deze zo efficiënt mogelijk in?	ST1 Smart Technology for Agri-Horti-Water-Food	
Hoe moeten we huidige technologische ontwikkelingen rondom AI in ons voordeel laten werken bij dit scenario?	ST1 Smart Technology for Agri-Horti-Water-Food	
Lessons learned uit andere sectoren		
Waarom werken bepaalde teeltmethoden of technieken in de moestuin, en hoe kunnen we deze jarenlang opgebouwde kennis toepassen op grotere schaal?	3A - Toekomstbestendige ruimtelijke inrichting landelijk gebied	Pilots en fieldlabs leveren bijdrage aan transitie
Wat kan voedselproductie in dit scenario leren van de sierteelt, waar men wel bereid is meer te betalen voor een product?	2B - Verdienvermogen, perspectief & waardecreatie	Breed besef van (kansen voor) nieuwe producten / marktconcepten Inzicht in kritische succesfactoren nieuwe producten & afzetroutes
Ook landbouw is verder op dit vlak dan glastuinbouw. Wat kunnen leren van hoe multifunctionele landbouw op de kaart is gezet?	3A - Toekomstbestendige ruimtelijke inrichting landelijk gebied	Lerende en adaptieve aanpak, procesontwerp, omgaan met polarisatie

Vraag	KIA-programma	KIA-resultaat
Perceptie van de sector		
Hoe zorgen we voor transparantie: hoe vind je informatie over het product met betrekking tot duurzaamheid en verantwoorde productie, zeker bij producten uit het buitenland?	4A - Een ecologisch en economisch houdbaar landbouw & voedselsysteem 4F - Meervoudige verwaarding vanaf de agrifoodsector naar food en non-food	Internationale (h)erkenning voor Nederlandse duurzame producten Kennis bij bedrijven, retail en consument over alternatieven voor fossiel gebaseerde producten vergroot
Hoe kunnen we kennis over duurzame landbouw en tuinbouw vanaf jonge leeftijd opbouwen bij zowel consumenten als tuinders?	1D - Transitie naar een natuurinclusieve samenleving 4D - Duurzaam en gezond voedselaanbod en consumentengedrag	Er is kennis van factoren die bewustzijn en participatie bevorderen en belemmeren, in het bijzonder onderwijs en natuur- en duurzaamheidseducatie Instrumenten en strategieën ontwikkeld om consumentenattitude t.a.v. van duurzame en gezonde voeding te verbeteren en consumenten tot een consequent duurzamer en gezonder eetgedrag te verleiden Keuzemogelijkheden, strategieën en aanbod duurzaam en gezond voedsel aan kinderen en jongeren ontwikkeld met o.a. scholen
Kan een LLM zoals ChatGPT me helpen mijn boodschappenlijstje te maken op basis van mijn keuzes met betrekking tot duurzaamheid en prijs?	4D - Duurzaam en gezond voedselaanbod en consumentengedrag	
Biologisch hoeft niet per definitie in de grond. Is het mogelijk en zinvol om de definitie en perceptie van biologisch te veranderen?	4D - Duurzaam en gezond voedselaanbod en consumentengedrag	Kennis ter ondersteuning van transitie lokale voedselsystemen t.b.v. duurzame, gezonde en veilige voeding op basis van voedingsrichtlijnen per land en aandacht voor nationale duurzaamheidsdoelen
Economische haalbaarheid		
Hoe ziet de economische balans eruit in dit scenario?	1D - Transitie naar een natuurinclusieve samenleving 2B - Verdienvermogen, perspectief & waardecreatie	Kennis van toepassing nieuwe op natuur gebaseerde verdienmodellen voor boer, burger, bedrijven en dienstverlening Inzicht in financiering verduurzaming en methoden voor risicofinanciering en – mitigatie en rol van stakeholders hierin Maatsch. / eco. diensten erkend als volwaardige bedrijfstak*
Randvoorwaarden en faciliterende processen		
Hoe organiseer je de logistiek in dit scenario?	4E - Voedselzekerheid nu en in de toekomst (mondiaal, EU, Nederland)	Versterken ketensamenwerking en urban foodsystems voor toename van divers, gezond, duurzaam en betaalbaar voedselaanbod
Hoe maak je wetgeving zo dat deze faciliterend en/of stimulerend is voor deze andere manier van telen?	1D - Transitie naar een natuurinclusieve samenleving 2A Land- en tuinbouw binnen de grenzen van de natuurlijke leefomgeving	Er is kennis van lock-ins en hoe deze af te bouwen rond kosten, wetten, subsidieregelingen, kennis Er is inzicht in de effecten van strategische (beleids-) keuzes op de integrale duurzaamheid van de Nederlandse land- en tuinbouw Inzicht in rentabiliteit diverse bedrijfsmodellen, inclusief maatschappelijke kosten en baten
Zelfvoorzienend & Zeker		
Belastbaarheid tuinder		
Wat heeft de teler nodig om te kiezen voor duurzame teelt?	2B - Verdienvermogen, perspectief & waardecreatie	Tool voor zelfsturing in transitie Breed besef van (kansen voor) nieuwe producten / marktconcepten Ontwikkeling nieuwe incentives & verdienmodellen voor/met actoren
Kan de tuinder dit nu al erbij hebben? Al druk met losse punten zoals energie, heeft hij nog wel ruimte voor circulaire eisen?	2B - Verdienvermogen, perspectief & waardecreatie	Ontwikkeling kengetallen voor alternatieve bedrijfsmodellen Bewustwording rollen & verantwoordelijkheden Inzicht in interactie tussen beleid en bedrijfs-continuïteit

Vraag	KIA-programma	KIA-resultaat
Randvoorwaarden en faciliterende processen		
Hoe moet de keten als geheel gereguleerd worden, is dit daadwerkelijk mogelijk?	2A - Land- en tuinbouw binnen de grenzen van de natuurlijke leefomgeving 4A - Een ecologisch en economisch houdbaar landbouw & voedselsysteem	Er is inzicht in de interactie en trade-offs tussen land- en tuinbouw activiteiten en gebiedsdoelen, en de kansen en uitdagingen die dit voor (clusters van) bedrijven biedt Inzicht in mogelijkheden andere (keten-)samenwerkingsvormen
Wie neemt de regierol? Wie vertegenwoordigt de tuinbouw nog, wie heeft voldoende draagvlak om zo'n ketenbrede aanpak te realiseren?	4A - Een ecologisch en economisch houdbaar landbouw & voedselsysteem	Een langjarige strategie voor het NL voedselsysteem passend binnen de planetaire grenzen en met het in acht nemen van de veranderende markt vraag & internationale concurrentieomgeving
Zou Provincie Zuid Holland de leiding kunnen nemen, en starten met een plan te maken onder leiding van Adri Bom-Lemstra? Dan komen er vanzelf meer kennisvragen.	2A - Land- en tuinbouw binnen de grenzen van de natuurlijke leefomgeving 3A - Toekomstbestendige ruimtelijke inrichting landelijk gebied	Europese en nationale duurzaamheidsdoelen zijn vertaald naar onderling samenhangende drempel- en streefwaarden op bedrijfs- en regioniveau Gebiedsspecifieke transitiepaden en scenario's ontwikkeld met stakeholders. Pilots en fieldlabs leveren bijdrage aan transitie
Wat is nodig om de sector te ondersteunen bij zelfregulering?	2B - Verdienvermogen, perspectief & waardecreatie 2E - Circulariteit, productie & gebruik duurzame grondstoffen	Tool voor zelfsturing in transitie Ontwikkeling kengetallen voor alternatieve bedrijfsmodellen Circulariteit en waarde (Euro's, percentage hergebruik, klimaat, ethiek, etc.) gedefinieerd, en meet- en monitoringsystemen ontwikkeld Afwegingskaders (type biograndstof, schaal, grondsoort, locatie, logistiek, veiligheid etc.) in relatie tot vraag en toepassing; en prikkels
Is het mogelijk om teelt te verplaatsen naar locaties waar circulair gerealiseerd kan worden zoals industrieterreinen, en daarmee zoneringsaanpak te brengen? Hoe moet de ruimtelijke ordening ervan uit zien?	3A - Toekomstbestendige ruimtelijke inrichting landelijk gebied 3B - Toekomstbestendige ruimtelijke inrichting bebouwd gebied	Verdienmodellen klimaatbestendig ruimtegebruik Gebiedsspecifieke transitiepaden en scenario's ontwikkeld met stakeholders Wisselwerking stad-land en tussen verschillende schaalniveaus meegenomen in keuzes Kansen en belemmeringen meervoudig ruimtegebruik bekend
Hoe zorgen we voor transparantie in de keten, van toeleverancier tot teler?	4A - Een ecologisch en economisch houdbaar landbouw & voedselsysteem	Internationale (h)erkenning voor Nederlandse duurzame producten Ontwikkelen en toetsen van strategieën om consumenten & keten aan te laten sluiten op doelstellingen van het landbouw & voedselbeleid
Economische haalbaarheid		
Wat is het verdienmodel wanneer je circulair gaat telen, is er opbrengstzekerheid?	2E - Circulariteit, productie & gebruik duurzame grondstoffen 4A - Een ecologisch en economisch houdbaar landbouw & voedselsysteem	Circulariteit en waarde (Euro's, percentage hergebruik, klimaat, ethiek, etc.) gedefinieerd, en meet- en monitoringsystemen ontwikkeld Ketensamenwerking en verdienmodellen voor toepassing alternatieve eiwitbronnen en non-food grondstoffen Effectievere benutting van nutriënten, koolstof & water in land- en tuinbouw Inzicht in ontwikkelscenario's & verdienmodellen t.a.v. het veranderende voedselsysteem
Hoe ga je kiloknallers tegen, die minder duurzaam geteeld zijn en daardoor goedkoper?	2B - Verdienvermogen, perspectief & waardecreatie 4A - Een ecologisch en economisch houdbaar landbouw & voedselsysteem	Inzicht in kritische succesfactoren nieuwe producten & afzetroutes Inzicht in financiering verduurzaming en methoden voor risicofinanciering en -mitigatie en rol van stakeholders hierin Ontwikkelen en toetsen van strategieën om consumenten & keten aan te laten sluiten op doelstellingen van het landbouw & voedselbeleid

Vraag	KIA-programma	KIA-resultaat
Hoe communiceren we het belang van circulair zo, dat het een succes wordt?	4A - Een ecologisch en economisch houdbaar landbouw & voedselsysteem 4D - Duurzaam en gezond voedselaanbod en consumentengedrag	Ontwikkelen en toetsen van strategieën om consumenten & keten aan te laten sluiten op doelstellingen van het landbouw & voedselbeleid Instrumenten en strategieën ontwikkeld om consumentenattitude t.a.v. van duurzame en gezonde voeding te verbeteren en consumenten tot een consequent duurzamer en gezonder eetgedrag te verleiden
Is true pricing een mogelijke (onderdeel van de) oplossing?	4A - Een ecologisch en economisch houdbaar landbouw & voedselsysteem	Ontwikkelen en toetsen van strategieën om consumenten & keten aan te laten sluiten op doelstellingen van het landbouw & voedselbeleid
Randvoorwaarden en faciliterende processen		
Aan welke techniek / materiaalkennis ontbreekt het ons nog?	2E - Circulariteit, productie & gebruik duurzame grondstoffen 4F - Meervoudige verwaarding vanaf de agrifoodsector naar food en non-food	Gebruik hernieuwbare grondstoffen in niet-grondgebonden teelten (water, substraat, nutriënten, plastic, etc.) Technologie voor het gebruik van onderbenutte en moeilijk te bewerken biograndstoffen Technologieën voor efficiënte toepassing van het Total Use principe voor het ontsluiten van hoogwaardige biomassa
Welke nieuwe technologieën met focus op circulariteit zijn er? Bijvoorbeeld zon-doorlatende zonnepanelen, efficiënte warmtepompen.	2E - Circulariteit, productie & gebruik duurzame grondstoffen 2F - Energietransitie in de land- en tuinbouw	Nieuwe biograndstoffen (o.a. vezels) en toepassingen voor materialen en chemie (o.a. bouw & bioplastics) Optimaliseren multifunctionele inzet opwekkingsmethoden
Is er een mogelijkheid tot het inrichten van een demokas of pilot rondom volledig circulair telen?	2E Circulariteit, productie & gebruik duurzame grondstoffen 2F- Energietransitie in de land- en tuinbouw 3A – Toekomstbestendige ruimtelijke inrichting landelijk gebied	Implementatie en optimalisatie van teelttechnieken (belichting, schermen, kasdekken, ontvochtiging Implementatie van alternatieve wijzen van verwarming en energieopwekking Pilots en fieldlabs leveren bijdrage aan transitie
Kan er een roadmap opgesteld worden voor de weg naar een circulaire teelt?	2E - Circulariteit, productie & gebruik duurzame grondstoffen	Resultaten van dit programma integraal
Kunnen we reststromen mengen bij reststromen van andere technieken?	2E Circulariteit, productie & gebruik duurzame grondstoffen 4F - Meervoudige verwaarding vanaf de agrifoodsector naar food en non-food	(onder andere) Technologie voor de productie van nieuwe inherent afbreekbare, veilige en duurzame materialen uit biograndstoffen, zij- en reststromen voor markten als chemicaliën, oppervlakte actieve stoffen, plastics, textiel, bouwmaterialen ontwikkeld (Regionale) ketens voor efficiënt inzetten van biograndstoffen (tegengaan verlies grondstoffen en energie) en valoriseren zijstromen gerealiseerd
Is het mogelijk om buffers aan te leggen voor energie, stoffen, water, verpakkingen? Niet alle grondstoffen of reststromen zijn namelijk meteen nodig zodra ze ontstaan.	2C - Weerbare plantaardige productie op een vitale bodem/substraat 2E - Circulariteit, productie & gebruik duurzame grondstoffen 2F - Energietransitie in de land- en tuinbouw 4B - Duurzame verwerking en voedselveiligheid, vers en verwerkt	Telers beschikken over maatregelen voor duurzaam watergebruik en sluiten de waterkringloop in substraatteelten Afwegingskaders (type biograndstof, schaal, grondsoort, locatie, logistiek, veiligheid etc.) in relatie tot vraag en toepassing; en prikkels Haalbaarheid energie-efficiënte waterstofproductie en opslag voor eigen en regionale consumptie Strategieën, ketens en technologieën voor het verhogen van grondstofefficiëntie en voorkomen en optimaal benutten van rest- en zijstromen uit de voedselverwerking voor veilige voeding, veevoer of non-foodtoepassingen ontwikkeld
Hoe kan men de veiligheid van afval/grondstoffen bepalen?	2E - Circulariteit, productie & gebruik duurzame grondstoffen	Veiligheid- en productkwaliteitssystemen voor de productie en gebruik van biograndstoffen Efficiënte en duurzame verwaarding van mest, compost, digestaat, afval- en proceswater, zuiveringsslib, etc.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research
BU Glastuinbouw
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
E glastuinbouw@wur.nl
wur.nl/glastuinbouw

Rapport WPR-1408



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
